



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO CON LA UTILIZACIÓN DE  
POLÍMEROS RECICLABLES Y ADITIVO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**21541308**

**JULIO CÉSAR ZELAYA FÚNES**

**21541016**

**MARVIN DAVID DIAZ ARRIAGA**

**21541133**

**SERGIO RICARDO FERNÁNDEZ JIMÉNEZ**

**ASESOR: ING. WILMER FLORES**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA**

**JULIO, 2019**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**RECTOR:**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**VICERRECTOR ACADÉMICO:**

**DESIRÉE TEJEDA CALVO**

**SECRETARIO GENERAL:**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTORA CAMPUS SAN PEDRO SULA**

**CARLA MARÍA PANTOJA ORTEGA**

**COORDINADOR CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**HÉCTOR WILFREDO PADILLA SIERRA**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS**

**EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO**

**INGENIERO CIVIL**

**ASESOR METODOLÓGICO**

**“ING. MICHAEL JOB PINEDA”**

**ASESOR TEMÁTICO**

**ING. WILMER FLORES**

**MIEMBROS DE LA TERNA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

**© COPYRIGHT**

JULIO CESAR ZELAYA FUNES

MARVIN DAVID DIAZ ARRIAGA

SERGIO RICARDO FERNÁNDEZ JIMÉNEZ

Todos los derechos son reservados

## **AUTORIZACIÓN**

### **AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.**

Señores

#### **CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACION (CRAI)**

San Pedro Sula

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Nosotros, Julio Cesar Zelaya Funes, Marvin David Diaz Arriaga y Sergio Ricardo Fernández Jiménez, de San Pedro Sula autores del trabajo de pregrado titulado: "Análisis y Caracterización de Bloques de Concreto con la Utilización de Polímeros Reciclables y Aditivo ", presentado y aprobado en el año 2019, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero Civil, autorizo a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la sala de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula en el mes de abril de dos mil diecinueve.

---

Julio Cesar Zelaya

21541308

---

Marvin David Diaz

21541016

---

Sergio Ricardo Fernández

21541133

## HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

---

Ing. Michael Pineda  
Asesor Metodológico

---

Ing. Wilmer Flores  
Asesor Temático

---

Ing. Edwin Turcios

---

Ing. Ángel Funez

---

Ing. Mario Cárdenas

---

Ing. Héctor Padilla

Jefe Académico de la facultad

de Ingeniería Civil y Arquitectura | UNITEC

## **DEDICATORIA**

Esta dedicatoria va dirigida primeramente a Dios por darme la oportunidad de estar con vida y sano, por proporcionarme la fuerza, la sabiduría y perseverancia necesaria para poder estar hoy aquí a un paso de mi título universitario. Se lo dedico a mi madre Elia Judith Funes y a mi abuela Judith Funes Magaña por apoyarme y por estar siempre a mi lado en todas las fases de mi vida y por apoyarme siempre en mis estudios desde que era un niño. Les agradezco por la oportunidad que me brindaron para poder formarme como una persona de bien y de enseñarme de como poder dar lo mejor de sí y a la vez de como poder superarse a uno mismo logrando cumplir metas, objetivos y sueños. También se lo dedico a todos mis maestros de escuela y catedráticos por compartir su sabiduría, conocimientos y sus enseñanzas tanto como de la parte educativa y de la vida. A mis compañeros y amigos que me han brindado todo su apoyo y confianza a lo largo de mi vida y de mi carrera universitaria.

Julio César Zelaya Fúnes

Dedico esta tesis a Dios por darme siempre las fuerzas para continuar en todas las adversidades, por guiarme y darme la sabiduría para poder tomar las mejores decisiones en las situaciones más difíciles. A mis padres Marvin Efraín Diaz Ponce y Miriam Suyapa Arriaga Solís por confiar en mí, apoyarme en cada una de mis metas, por motivarme a dar lo mejor de mí, por guiarme y aconsejarme a tomar las mejores decisiones y por su amor hacia mí. A mis hermanas Marian Alejandra Diaz Arriaga y Valeria Sofia Diaz Arriaga por estar siempre conmigo apoyándome, aportando buenas cosas a mi vida y por toda la felicidad y amor que me han hecho sentir. A mis abuelos por siempre motivarme a dar lo mejor de mí y seguir adelante. A todos mis maestros por sus enseñanzas, consejos y tiempo que me brindaron. Finalmente, a mis compañeros por ayudarme y apoyarme en mis estudios.

Marvin David Diaz Arriaga

En primera instancia le dedico a Dios esta tesis por estar a mi lado, guiarme y por brindarme la sabiduría para realizar mi carrera universitaria. A mis padres Sergio Tomas Fernández Guzmán y Rosa María Jiménez Enamorado por brindarme el apoyo diariamente para sobresalir y alcanzar mis metas. A mi hermana Gabriela Alejandra Fernández Jiménez que me acompaña en todo momento. A mis familiares y amigos les agradezco por contribuir con sus conocimientos, su amistad, con sus consejos y su apoyo durante el transcurso de la carrera. Finalmente, a mis maestros que han compartido de su tiempo y conocimiento para formarme como un futuro profesional.

Sergio Ricardo Fernández Jiménez

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo de proyecto de graduación de investigación no sería posible sin la ayuda de distintas empresas que apoyaron y brindaron de sus servicios a través de sus instalaciones, planteles, materiales y tiempo. Agradecemos a todos los ingenieros que aportaron su conocimiento y experiencia profesional. Por ende, nos complace mencionar y agradecer a cada empresa e ingeniero que nos ayuda para la realización de nuestra tesis.

Expresamos nuestro máximo agradecimiento al Ing. Wilmer Flores que fue el ingeniero que nos ayudó con la dosificación y elaboración de los bloques que se realizaron. Al Ing. Jorge Rodríguez quien nos permitió la entrada a su empresa y nos brindó todos sus recursos disponibles y aptos para la elaboración de los bloques huecos de hormigón. Al personal de trabajo de la empresa ICCA quienes ayudaron a realizar las mezclas y la elaboración de los bloques.

Se agradece a la empresa INVEMA por donar el material de tereftalato de polietileno, el cual fue el material de mayor importancia para la investigación con el objetivo de sustituir el PET por la arena para poder ver los cambios mecánicos y características de los bloques.

De igual manera agradecemos a CONHSA PAYSA S.A. quien nos colaboró con el ensayo de ruptura de bloques a compresión. Al Ing. Omar Banegas quien nos asesoró para todos los ensayos que se le realizan al bloque. Con el fin de determinar su resistencia a la compresión y sus respectivas características.

## RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación describe la elaboración y evaluación de los bloques huecos de hormigón utilizando polímeros reciclados conocidos como tereftalato de polietileno o PET y aditivo Admix BloQ. Con los materiales dichos anteriormente junto con el cemento, la arena, la gravilla y agua se obtiene la mezcla para la elaboración de bloques. Esta investigación tiene como objetivo encontrar nuevas técnicas o técnicas no utilizadas en nuestro medio para el rubro de la construcción con el objetivo primordial de cierta manera reducir o disminuir el impacto negativo que se le está haciendo al medio ambiente. La investigación se realizó de tal manera que se analizó las propiedades mecánicas como lo es la resistencia a compresión de los bloques y las características de este y a la vez comparar estas resistencias y características con los diferentes tipos de bloques elaborados en dicha investigación. También se compara las propiedades que tiene los agregados utilizados en el diseño de la mezcla de concreto para los bloques. Dentro de estas propiedades físicas de los agregados se encuentran la granulometría, el peso volumétrico, la gravedad específica, la absorción y colorimetría. Para la investigación se realizaron 7 diferentes tipos de bloques los cuales son los siguientes: el bloque control o base, bloque con 10% de PET, bloque con 10% de PET con Aditivo, bloque con 20% de PET, bloque con 20% de PET con Aditivo, bloque con 30% de PET y bloque con 30% de PET con Aditivo. De cada tipo de bloque se realizaron 6 bloques teniendo así un total de 42 bloques. La investigación se desarrolló bajo las normas del ACI y ASTM. Las pruebas del ensayo de resistencia a la compresión se realizaron a los 7 días de la edad del bloque. Se tomaron 4 bloques para la prueba de compresión y 2 bloques para la caracterización de los bloques. De los 7 tipos de bloques que se realizaron en la investigación todos cumplieron y estuvieron dentro de los parámetros definidos por la norma, excepto el bloque con sustitución del 30% de PET sin aditivo el cual obtuvo una resistencia de 509.04 psi. Por otra parte, el bloque con la mayor resistencia fue para el bloque con sustitución del 10% de PET y con la utilización de aditivo Admix BloQ se obtuvo una resistencia de 1,137.18 psi lo cual lo clasifica como un bloque estructural.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
2.1.ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	2
2.2.DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2.1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA .....	3
2.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
2.3.PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	4
2.4.OBJETIVOS.....	4
2.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
2.5.JUSTIFICACIÓN .....	5
<b>CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	7
3.1.1 ANÁLISIS DE MACROENTORNO .....	7
3.1.1.1 PRESANELLA. ....	9
3.1.1.2 CASAS CON LADRILLOS DE PLÁSTICO RECICLADO EN COLOMBIA .....	11
3.1.1.3 USO DE FIBRAS RECICLADAS COMO REFUERZO EN EL CONCRETO. ....	12
3.1.1.4 MEZCLAS DE CEMENTO Y AGREGADOS DE PLÁSTICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS... ..	14
3.1.1.5 NUEVA ALTERNATIVA DE LA CONSTRUCCIÓN, BOTELLAS PET RELLENADAS CON CONCRETO. ....	15
3.1.1.6 CAPACIDAD A CORTANTE EN VIGAS DE CONCRETO FIBRO-REFORZADO. ....	19
3.1.1.7 CARRETERAS CON PLÁSTICO EN INDIA.....	20

3.1.2 ANÁLISIS DE MICROENTORNO .....	21
3.1.2.1 CALLES DE CON PLÁSTICO RECICLADO EN ÚTILA.....	24
3.1.2.2 USO DE PET PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS EN LA ZONA DEL TRIUNFO DE LA CRUZ. ....	26
3.1.3 ANÁLISIS DE MICROENTORNO .....	27
3.1.3.1 USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADOS.....	27
3.1.3.2 DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON POLÍMEROS RECICLADOS .....	30
3.1.3.3 ANÁLISIS A CORTANTE Y COMPRESIÓN EN CONCRETO CON RESIDUOS DE PLÁSTICO. ....	33
3.2 TEORÍA DEL SUSTENTO.....	34
3.2.1 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PARA BLOQUES (ACI 211.3) .....	35
3.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MÍNIMO 1000 LBS/PLG2 (ASTM C-90-85).....	36
3.2.3 MUESTREO Y PRUEBA DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO (ASTM C-140).....	38
3.2.4 ESPECIFICACIÓN NORMALIZADA DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C-33) .....	38
3.2.5 COLORIMETRÍA (ASTM C-40) .....	39
3.2.6 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM C-136) .....	41
3.2.7 GRAVEDAD ESPECIFICA DE AGREGADOS GRUESOS (ASTM C-127).....	42
3.2.8 GRAVEDAD ESPECIFICA DE AGREGADOS FINOS (ASTM C-128).....	45
3.2.9 PESO VOLUMÉTRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C-129).....	46
3.3 MARCO CONCEPTUAL .....	48
3.4 MARCO LEGAL .....	52
3.4.1 LEY GENERAL DEL AMBIENTE .....	52
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA .....</b>	<b>54</b>
4.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	54
4.1.1 DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN .....	55

4.1.2 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN .....	56
4.1.3 HIPÓTESIS.....	56
4.1.3.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN .....	57
4.1.3.2 HIPÓTESIS NULA .....	59
4.2 ENFOQUE Y MÉTODOS .....	61
4.2.1 TIPO DE DISEÑO.....	61
4.2.1.1 TIPO DE ESTUDIO.....	62
4.2.1.2 TIPO DE DISEÑO .....	62
4.2.1.3 ALCANCE .....	62
4.2.1.4 MÉTODOS.....	62
4.2.1.5 MUESTRA.....	62
4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	63
4.3.1 POBLACIÓN .....	63
4.3.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA .....	63
4.3.2.1 PARÁMETROS MUESTRALES .....	65
4.3.3 DESARROLLO DE NOMENCLATURA PARA MUESTRAS .....	66
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	66
4.4.1 INSTRUMENTOS .....	67
4.4.2 TÉCNICAS.....	74
4.4.2.1 PESO VOLUMÉTRICO .....	74
4.4.2.2 GRANULOMETRÍA .....	78
4.4.2.3 COLORIMETRÍA.....	81
4.4.2.4 GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	82

4.4.2.5 ELABORACIÓN DE BLOQUES CONTROL, PET Y ADITIVO .....	85
4.4.2.6 RUPTURA DE LOS BLOQUES CONTROL, PET Y ADITIVO .....	90
4.5 UNIDAD DE ANÁLISIS Y RESPUESTA .....	93
4.5.1 UNIDAD DE ANÁLISIS .....	93
4.5.2 UNIDAD DE RESPUESTA.....	93
4.6 MATERIALES .....	93
4.7 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	100
4.7.1 FUENTES PRIMARIAS .....	100
4.7.2 FUENTES SECUNDARIAS.....	100
4.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	101
4.9 DIAGRAMA DE GAANT.....	102
<b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>103</b>
5.1 GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS .....	104
5.1.1 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA.....	105
5.1.2 GRANULOMETRÍA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) .....	107
5.1.3 GRANULOMETRÍA DE LA GRAVILLA .....	109
5.1.4 GRANULOMETRÍA COMBINADA DE ARENA Y GRAVILLA .....	111
5.1.5 GRANULOMETRÍA COMBINADA DE 10% TEREFTALATO DE POLIETILENO.....	113
5.1.6 GRANULOMETRÍA COMBINADA DE 20% TEREFTALATO DE POLIETILENO.....	115
5.1.7 GRANULOMETRÍA COMBINADA DE 30% TEREFTALATO DE POLIETILENO.....	117
5.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	118
5.2.1 GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA ARENA.....	119

5.2.1.1 PESO ESPECÍFICO BULK.....	120
5.2.1.2 PESO ESPECÍFICO BULK SATURADO CON SUPERFICIE SECA .....	120
5.2.1.3 PESO ESPECÍFICO BULK APARENTE .....	121
5.2.1.4 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.....	121
5.2.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA GRAVA.....	122
5.2.2.1 GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK SECA .....	123
5.2.2.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK SSD (SATURADA CON SUPERFICIE SECA) .....	124
5.2.2.3 GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE .....	124
5.2.2.4 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN .....	125
5.3 PESO VOLUMÉTRICO .....	126
5.4 COLORIMETRÍA.....	130
5.5 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO .....	131
5.6 ANÁLISIS MECÁNICO EN BLOQUES A 7 DÍAS .....	136
5.6.1 CÁLCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE CONTROL.....	142
5.6.1.1 BLOQUE CONTROL #1 .....	142
5.6.1.2 BLOQUE CONTROL #2 .....	143
5.6.1.3 BLOQUE CONTROL #3 .....	145
5.6.1.4 BLOQUE CONTROL #4 .....	146
5.6.2 CALCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 10 % PET.....	148
5.6.2.1 BLOQUE 10% PET #1 .....	148
5.6.2.2 BLOQUE 10% PET #2 .....	150
5.6.2.3 BLOQUE 10% PET #3 .....	151
5.6.3 CALCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 10 % PET Y ADITIVO.....	153

5.6.3.1 BLOQUE 10% PET Y ADITIVO #1 .....	153
5.6.3.2 BLOQUE 10% PET Y ADITIVO #2 .....	155
5.6.3.3 BLOQUE 10% PET Y ADITIVO #3 .....	156
5.6.3.4 BLOQUE 10% PET Y ADITIVO #4 .....	158
5.6.4 CALCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 20 %.....	160
5.6.4.1 BLOQUE 20% PET #1 .....	160
5.6.4.2 BLOQUE 20% PET #2 .....	161
5.6.4.3 BLOQUE 20% PET #3 .....	163
5.6.4.4 BLOQUE 20% PET #4 .....	164
5.6.5 CALCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 20 % PET Y ADITIVO.....	166
5.6.5.1 BLOQUE 20% PET Y ADITIVO #1 .....	166
5.6.5.2 BLOQUE 20% PET Y ADITIVO #2 .....	167
5.6.5.3 BLOQUE 20% PET Y ADITIVO #3 .....	169
5.6.5.4 BLOQUE 20% PET Y ADITIVO #4 .....	170
5.6.6 CALCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 30 % PET.....	172
5.6.6.1 BLOQUE 30% PET #1 .....	172
5.6.6.2 BLOQUE 30% PET #2 .....	174
5.6.6.3 BLOQUE 30% PET #3 .....	175
5.6.6.4 BLOQUE 30% PET #4 .....	177
5.6.7 CÁLCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 30 % PET.....	179
5.6.7.1 BLOQUE 30% PET #1 .....	179
5.6.7.2 BLOQUE 30% PET Y ADITIVO #2 .....	181
5.6.7.3 BLOQUE 30% PET Y ADITIVO #3 .....	182

5.6.7.4 BLOQUE 30% PET Y ADITIVO #4 .....	184
5.6.8 COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS BLOQUES BB, 10%PET Y 10%+ADITIVO .....	186
5.6.9 COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS BLOQUES BB, 20%PET Y 20%+ADITIVO .....	187
5.6.10 COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS BLOQUES BB, 30%PET Y 30%+ADITIVO.....	188
5.6.11 RESUMEN COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DE LOS BLOQUES.....	189
5.7 CARACTERIZACIÓN DE LOS BLOQUES .....	189
5.7.1 DENSIDAD DE LOS BLOQUES .....	191
5.7.1.1 DENSIDAD DEL BLOQUE BASE O BLOQUE CONTROL.....	191
5.7.1.2 DENSIDAD DEL BLOQUE 10% PET .....	191
5.7.1.3 DENSIDAD DEL BLOQUE 10% PET Y ADITIVO.....	192
5.7.1.4 COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD ENTRE LOS BLOQUES BASE, 10% Y 10%+ADITIVO.....	192
5.7.1.5 DENSIDAD DEL BLOQUE 20% PET .....	193
5.7.1.6 DENSIDAD DEL BLOQUE 20% PET Y ADITIVO.....	193
5.7.1.7 COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD ENTRE LOS BLOQUES BASE, 20% Y 20%+ADITIVO.....	193
5.7.1.8 DENSIDAD DEL BLOQUE 30% PET .....	194
5.7.1.9 DENSIDAD DEL BLOQUE 30% PET Y ADITIVO.....	194
5.7.1.10 COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD ENTRE LOS BLOQUES BB, 30% Y 30%+ADITIVO .....	195
5.7.1.11 RESUMEN COMPARATIVO DE LA DENSIDAD DE LOS BLOQUES.....	196
5.7.2 ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES.....	197
5.7.2.1 ABSORCIÓN DEL BLOQUE BASE O BLOQUE CONTROL .....	197
5.7.2.2 ABSORCIÓN DEL BLOQUE 10% PET .....	197
5.7.2.3 ABSORCIÓN DEL BLOQUE 10% PET Y ADITIVO .....	197
5.7.2.4 COMPARACIÓN DE LA ABSORCIÓN ENTRE LOS BLOQUES BB, 10% Y 10%+ADITIVO .....	198

5.7.2.5 ABSORCIÓN DEL BLOQUE 20% PET.....	198
5.7.2.6 ABSORCIÓN DEL BLOQUE 20% PET Y ADITIVO .....	199
5.7.2.7 COMPARACIÓN DE LA ABSORCIÓN ENTRE LOS BLOQUES BB, 20% Y 20%+ADITIVO .....	199
5.7.2.8 ABSORCIÓN DEL BLOQUE 30% PET.....	200
5.7.2.9 ABSORCIÓN DEL BLOQUE 30% PET Y ADITIVO .....	200
5.7.2.10 COMPARACIÓN DE LA ABSORCIÓN ENTRE LOS BLOQUES BB, 30% Y 30%+ADITIVO.....	200
5.7.2.11 RESUMEN COMPARATIVO DE LA ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES.....	201
5.7.3 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES .....	202
5.7.3.1 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL BLOQUE BASE O BLOQUE CONTROL .....	202
5.7.3.2 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL BLOQUE 10% PET .....	202
5.7.3.3 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL BLOQUE 10% PET Y ADITIVO .....	202
5.7.3.4 COMPARACIÓN DEL % DE ABSORCIÓN ENTRE LOS BLOQUES BB, 10% Y 10%+ADITIVO .....	203
5.7.3.5 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL BLOQUE 20% PET .....	203
5.7.3.6 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL BLOQUE 20% PET Y ADITIVO .....	204
5.7.3.7 COMPARACIÓN DEL % DE ABSORCIÓN ENTRE LOS BLOQUES BB, 20% Y 20%+ADITIVO .....	204
5.7.3.8 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL BLOQUE 30% PET .....	205
5.7.3.9 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL BLOQUE 30% PET Y ADITIVO .....	205
5.7.3.10 COMPARACIÓN DEL % DE ABSORCIÓN ENTRE LOS BLOQUES BB, 30% Y 30%+ADITIVO .....	206
5.7.3.10 COMPARACIÓN DEL % DE ABSORCIÓN ENTRE LOS BLOQUES BB, 30% Y 30%+ADITIVO.....	207
5.7.4 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS BLOQUES .....	207
5.7.4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL BLOQUE BASE O BLOQUE CONTROL.....	207
5.7.4.2 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL BLOQUE 10% PET.....	208
5.7.4.3 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL BLOQUE 10% PET Y ADITIVO.....	208

5.7.4.4	COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ENTRE BB, 10% Y 10%+ADITIVO .....	208
5.7.4.5	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL BLOQUE 20% PET.....	209
5.7.4.6	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL BLOQUE 20% PET Y ADITIVO.....	209
5.7.4.7	COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ENTRE BB, 20% Y 20%+ADITIVO .....	210
5.7.4.8	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL BLOQUE 30% PET.....	210
5.7.4.9	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL BLOQUE 30% PET Y ADITIVO.....	211
5.7.4.10	COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ENTRE BB, 30% Y 30%+ADITIVO.....	211
5.7.4.11	RESUMEN COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS BLOQUES.....	212
5.7.5	VOLUMEN NETO.....	213
5.7.5.1	VOLUMEN NETO DEL BLOQUE BASE O BLOQUE CONTROL.....	213
5.7.5.2	VOLUMEN NETO DEL BLOQUE 10% PET .....	213
5.7.5.3	VOLUMEN NETO DEL BLOQUE 10% PET Y ADITIVO.....	214
5.7.5.4	COMPARACIÓN DEL VOLUMEN NETO ENTRE BB, 10% Y 10%+ADITIVO.....	214
5.7.5.5	VOLUMEN NETO DEL BLOQUE 20% PET .....	215
5.7.5.6	VOLUMEN NETO DEL BLOQUE 20% PET Y ADITIVO.....	215
5.7.5.7	COMPARACIÓN DEL VOLUMEN NETO ENTRE LOS BB, 20% Y 20%+ADITIVO .....	215
5.7.5.8	VOLUMEN NETO DEL BLOQUE 30% PET .....	216
5.7.5.9	VOLUMEN NETO DEL BLOQUE 30% PET Y ADITIVO.....	216
5.7.5.10	COMPARACIÓN DEL VOLUMEN NETO ENTRE BB, 30% Y 30%+ADITIVO .....	217
5.7.5.11	RESUMEN COMPARATIVO DEL VOLUMEN NETO DE LOS BLOQUES.....	218
5.7.6	ÁREA NETA PROMEDIO .....	218
5.7.6.1	ÁREA NETA PROMEDIO DEL BLOQUE BASE O BLOQUE CONTROL.....	218
5.7.6.2	ÁREA NETA PROMEDIO DEL BLOQUE 10% PET .....	219

5.7.6.3	ÁREA NETA PROMEDIO DEL BLOQUE 10% PET Y ADITIVO.....	219
5.7.6.4	ÁREA NETA PROMEDIO ENTRE BB, 10% Y 10%+ADITIVO.....	219
5.7.6.5	ÁREA NETA PROMEDIO DEL BLOQUE 20% PET .....	220
5.7.6.6	ÁREA NETA PROMEDIO DEL BLOQUE 20% PET Y ADITIVO.....	220
5.7.6.7	ÁREA NETA PROMEDIO ENTRE BB, 20% Y 20%+ADITIVO.....	221
5.7.6.8	ÁREA NETA PROMEDIO DEL BLOQUE 30% PET .....	222
5.7.6.9	ÁREA NETA PROMEDIO DEL BLOQUE 30% PET Y ADITIVO.....	222
5.7.6.10	ÁREA NETA PROMEDIO ENTRE BB, 30% Y 30%+ADITIVO .....	222
5.7.6.11	RESUMEN COMPARATIVO DEL ÁREA NETA PROMEDIO DE LOS BLOQUES.....	223
5.8	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS BLOQUES, FICHAS DE COSTO .....	224
5.8.1	FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE BASE.....	225
5.8.2	FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 10% PET .....	226
5.8.3	FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 10% PET Y ADITIVO.....	227
5.8.4	FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 20% PET .....	228
5.8.5	FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 20% PET Y ADITIVO.....	229
5.8.6	FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 30% PET .....	230
5.8.7	FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 30% PET Y ADITIVO.....	231
5.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PROYECTO .....	233
5.9.1	USO DEL PROGRAMA MINITAB PARA EL ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.....	233
5.9.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA RESISTENCIA DE LOS BLOQUES .....	234
5.9.2	ANALISIS ESTADÍSTICO DEL PESO DE LOS BLOQUES.....	239
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.....</b>		<b>243</b>
<b>CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES .....</b>		<b>246</b>

<b>CAPÍTULO VIII. APLICABILIDAD .....</b>	<b>247</b>
<b>CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>249</b>
<b>CAPÍTULO X. ANEXOS.....</b>	<b>255</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición Granulométrica.....	14
Tabla 2. Peso de materiales utilizados en ladrillos y tejas.....	15
Tabla 3. Botellas a prueba de compresión .....	18
Tabla 4. Análisis Interno.....	27
Tabla 5. Tabla de resumen de resultados .....	31
Tabla 6. Operacionalización de las variables .....	54
Tabla 7. Tabla de Operacionalización.....	56
Tabla 8. Muestra de bloques a prueba de compresión.....	64
Tabla 9. Nomenclatura de las muestras .....	66
Tabla 10. Cálculos de Granulometría de Arena .....	105
Tabla 11. Valores de Máximo y Mínimo de Arena.....	106
Tabla 12. Cálculos de Granulometría del Tereftalato de Polietileno .....	107
Tabla 13. Valores de Máximo y Mínimo del tereftalato de Polietileno (PET) .....	107
Tabla 14. Cálculos de granulometría de la gravilla.....	109
Tabla 15. Valores de Máximo y Mínimo de Gravilla.....	109
Tabla 16. Resultados de Granulometría de Combinación de Gravilla y Arena .....	111
Tabla 17. Valores de Máximo y Mínimo de Agregados para Bloques.....	111
Tabla 18. Resultados de Granulometría de Combinación de 10% PET .....	113
Tabla 19. Valores de Máximo y Mínimo de Agregados para Bloques.....	113
Tabla 20. Resultados de Granulometría de Combinación de 20% PET .....	115
Tabla 21. Valores de Máximo y Mínimo de Agregados para Bloques.....	115
Tabla 22. Resultados de Granulometría de Combinación de 30% PET .....	117

Tabla 23. Valores de Máximo y Mínimo de Agregados para Bloques.....	117
Tabla 24. Tabla de peso volumétrico de la arena.....	126
Tabla 25. Tabla de peso volumétrico del PET.....	127
Tabla 26. Tabla de peso volumétrico Grava.....	128
Tabla 27. Tabla de Calibración de Cubeta.....	129
Tabla 28. Tabla de Calibración de Cubeta.....	130
Tabla 29. Tabla de Colorimetría con sus respectivos resultados.....	130
Tabla 30. Cuadro resumen de dosificaciones.....	136
Tabla 31. Cálculo de Área Neta y Resistencia a compresión de los bloques.....	139
Tabla 32. Resumen de Resultados de Resistencia a Compresión de Bloques.....	189
Tabla 33. Resumen de Resultados de Densidad de los Bloques.....	196
Tabla 34. Comparación de la Absorción de los Bloques.....	201
Tabla 35. Resumen de Resultados de % de Absorción de los Bloques.....	207
Tabla 36. Comparación del Contenido de Humedad.....	212
Tabla 37. Resumen de Resultados del Volumen Neto del Bloque.....	218
Tabla 38. Comparación del Área Neta Promedio.....	223
Tabla 39. Resumen de Costos de Bloques de 6".....	232

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Población mundial ONU.....	8
Ilustración 2. Casa construida a base de ladrillos de plástico reciclado.....	9
Ilustración 3. Vista de diferentes etapas de construcción .....	10
Ilustración 4. Plástico reciclado convertido en ladrillos.....	11
Ilustración 5. Producto final de vivienda construida con ladrillos de PET.....	12
Ilustración 6. Tipo de Fibras .....	13
Ilustración 7. Plástico existente en el mundo .....	13
Ilustración 8. Material de relleno que va dentro de las botellas.....	16
Ilustración 9. Nivelación para pared de botella.....	17
Ilustración 10. Tanque terminado con botellas .....	18
Ilustración 11. Pared terminada de Botellas .....	19
Ilustración 12. Carretera en construcción con el uso de plástico reciclado.....	21
Ilustración 13. Paneles solares INVEMA .....	22
Ilustración 14. Maquinaria de alta calidad.....	23
Ilustración 15. Calle elaborada con la utilización de plástico reciclado .....	25
Ilustración 16. Desechos de plástico flotando en las Islas de la Bahía .....	25
Ilustración 17. Construcción de casa con plástico.....	26
Ilustración 18. Prueba a compresión de testigo.....	29
Ilustración 19. Gráfica comparativa de testigos a compresión a 7 días .....	29
Ilustración 20. Grafica comparativas de testigos a compresión a 7 días .....	30
Ilustración 21. Ensayo a compresión a 28 días de concreto con plástico.....	33

Ilustración 22. Cilindro Mezcla con 30% plástico.....	34
Ilustración 23. Cantidad de agua aproximado para distintas consistencias.....	35
Ilustración 24. Diferencia de agua para concreto con aire y sin aire.....	36
Ilustración 25. Resistencia mínima de ruptura a la compresión.....	37
Ilustración 26. Mínima Absorción del Agua .....	37
Ilustración 27. Contenido de humedad % .....	38
Ilustración 28. Ensayo de Colorimetría.....	40
Ilustración 29. Gravedad Específica .....	44
Ilustración 30. Tamizado Mecánico.....	44
Ilustración 31. Ejemplo de ensayo de peso Volumétrico.....	48
Ilustración 32. Diagrama de Variables de Operacionalización.....	55
Ilustración 33. Tipo de diseño .....	61
Ilustración 34. Lote de bloques elaborados.....	63
Ilustración 35. Muestra de bloques elaborados .....	64
Ilustración 36. Producción de bloques en múltiplos de tres .....	65
Ilustración 37. Juego de tamices ASTM .....	67
Ilustración 38. Agitador Mecánico.....	68
Ilustración 39. Balanza Digital .....	68
Ilustración 40. Cono Truncado .....	69
Ilustración 41. Herramientas y utensilios .....	70
Ilustración 42. Horno Eléctrico .....	71
Ilustración 43. Máquina de Compresión .....	72
Ilustración 44. Maquina Artesanal de Bloques.....	72

Ilustración 45. Formato para Análisis Granulométrico.....	73
Ilustración 46. Formato para Calibración de recipientes.....	73
Ilustración 47. Formato para Análisis de Peso Volumétrico.....	74
Ilustración 48. Cuarteo del agregado Fino .....	75
Ilustración 49. Calibración de Cubeta.....	76
Ilustración 50. Ensayo de Peso Volumétrico en agregados fino método de la varilla.....	77
Ilustración 51. Ensayo de Peso Volumétrico en gravilla .....	77
Ilustración 52. Cuarteo de Gravilla.....	79
Ilustración 53. Granulometría de agregados .....	80
Ilustración 54. Granulometría del PET .....	81
Ilustración 55. Resultado de Colorimetría a las 24 horas.....	82
Ilustración 56. Paso #4 para Gravedad Específica de la Arena .....	83
Ilustración 57. Paso #6 para Gravedad Específica de la Arena .....	84
Ilustración 58. Ensayo de Gravedad Específica de la Gravilla.....	85
Ilustración 59. Agregado fino para elaboración de Bloque .....	86
Ilustración 60. Gravilla utilizada para la mezcla de bloque .....	86
Ilustración 61. Cemento junto a los agregados para la mezcla.....	87
Ilustración 62. Mezcla en la máquina de bloques.....	88
Ilustración 63. Mezcla de bloques con PET .....	89
Ilustración 64. Bloques Elaborados.....	89
Ilustración 65. Enrasado del Bloque.....	90
Ilustración 66. Colocación de Bloque en máquina de compresión.....	91
Ilustración 67. Colocación de Bloque en máquina de compresión.....	92

Ilustración 68. Remoción del bloque de la máquina.....	92
Ilustración 69. Cemento Bijao Tipo HE.....	94
Ilustración 70. Banco de agregado Gravilla.....	94
Ilustración 71. Agregado Fino .....	95
Ilustración 72. Tereftalato de Polietileno .....	96
Ilustración 73. Agua Potable.....	96
Ilustración 74. Hidróxido de Sodio.....	97
Ilustración 75. Agua Destilada.....	98
Ilustración 76. Aditivo reductor de Agua .....	99
Ilustración 77. Tereftalato de Polietileno antes y después de clasificarlo .....	103
Ilustración 78. Curva granulométrica de la Arena.....	106
Ilustración 79. Curva Granulométrica del Tereftalato de polietileno (PET) .....	108
Ilustración 80. Curva Granulométrica de la Gravilla .....	110
Ilustración 81. Curva Granulométrica de combinación de Gravilla y Arena.....	112
Ilustración 82. Curva Granulométrica de Combinación de 10% PET .....	114
Ilustración 82. Curva Granulométrica de Combinación de 10% PET .....	114
Ilustración 83. Curva Granulométrica de Combinación de 20% PET .....	116
Ilustración 84. Curva Granulométrica de Combinación de 30% PET .....	118
Ilustración 85. Resultado de Colorimetría.....	131
Ilustración 86. Nomenclatura de Ancho y Largo.....	137
Ilustración 87. Nomenclatura del valor de L-1 y A-1 .....	137
Ilustración 88. Nomenclatura del valor de L-2 y A-2.....	138
Ilustración 89. Proceso de secado de los bloques al horno.....	140

Ilustración 90. Peso del Bloque Control #1 .....	142
Ilustración 91. Lectura de Bloque Control #1 en la máquina de compresión.....	142
Ilustración 92. Peso del Bloque Control #2.....	143
Ilustración 93. Lectura de Bloque Control #2 en la máquina de compresión.....	144
Ilustración 94. Peso del Bloque Control #3.....	145
Ilustración 95. Lectura de Bloque Control #3 en la máquina de compresión.....	145
Ilustración 96. Peso del Bloque Control #4.....	146
Ilustración 97. Lectura de Bloque Control #4 en la máquina de compresión.....	147
Ilustración 98. Peso del Bloque 10% PET #1.....	148
Ilustración 99. Lectura de Bloque 10% PET #1 en la máquina de compresión.....	149
Ilustración 100. Peso del Bloque 10% PET #2 .....	150
Ilustración 101. Lectura de Bloque 10% PET #2 en la máquina de compresión .....	150
Ilustración 102. Peso del Bloque 10% PET #3 .....	151
Ilustración 103. Lectura de Bloque 10% PET #3 en la máquina de compresión .....	152
Ilustración 104. Peso del Bloque 10% PET con Aditivo #1 .....	153
Ilustración 105. Lectura de Bloque 10% PET+Aditivo #1 en la máquina de compresión.....	154
Ilustración 106. Peso del Bloque 10% PET con Aditivo #2 .....	155
Ilustración 107. Lectura de Bloque 10% PET+Aditivo #2 en la máquina de compresión.....	155
Ilustración 108. Peso del Bloque 10% PET con Aditivo #3 .....	156
Ilustración 109. Lectura de Bloque 10%+Aditivo #3 en la máquina de compresión .....	157
Ilustración 110. Peso del Bloque 10% PET con Aditivo #4 .....	158
Ilustración 111. Lectura de Bloque 10% PET+Aditivo #4 en la máquina de compresión.....	158
Ilustración 112. Peso del Bloque 20% PET #1 .....	160

Ilustración 113. Lectura de Bloque 20% PET #1 en la máquina de compresión .....	160
Ilustración 114. Peso del Bloque 20% PET #2 .....	161
Ilustración 115. Lectura de Bloque 20% PET #2 en la máquina de compresión .....	162
Ilustración 116. Peso del Bloque 20% PET #3 .....	163
Ilustración 117. Lectura de Bloque 20% PET #3 en la máquina de compresión .....	163
Ilustración 118. Peso del Bloque 20% PET #4 .....	164
Ilustración 119. Lectura de Bloque 20% PET #4 en la máquina de compresión .....	165
Ilustración 120. Peso del Bloque 20% PET con Aditivo #1 .....	166
Ilustración 121. Lectura de Bloque 20% PET con Aditivo #1 en la máquina de compresión .....	166
Ilustración 122. Peso del Bloque 20% PET con Aditivo #2 .....	167
Ilustración 123. Lectura de Bloque 20% PET con Aditivo #2 en la máquina de compresión .....	168
Ilustración 124. Peso del Bloque 20% PET con Aditivo #3 .....	169
Ilustración 125. Lectura de Bloque 20% PET con Aditivo #3 en la máquina de compresión .....	169
Ilustración 126. Peso del Bloque 20% PET con Aditivo #4 .....	170
Ilustración 127. Lectura de Bloque 20% PET con Aditivo #4 en la máquina de compresión .....	171
Ilustración 128. Peso del Bloque 30% PET #1 .....	172
Ilustración 129. Lectura de Bloque 30% PET #1 en la máquina de compresión .....	173
Ilustración 130. Peso del Bloque 30% PET #2 .....	174
Ilustración 131. Lectura de Bloque 30% PET #2 en la máquina de compresión .....	174
Ilustración 132. Peso del Bloque 30% PET #3 .....	175
Ilustración 133. Lectura de Bloque 30% PET #3 en la máquina de compresión .....	176
Ilustración 134. Peso del Bloque 30% PET #4 .....	177
Ilustración 135. Lectura de Bloque 30% PET #4 en la máquina de compresión .....	178

Ilustración 136. Peso del Bloque 30% PET con Aditivo #1 .....	179
Ilustración 137. Lectura de Bloque 30% PET con Aditivo #1 en la máquina de compresión .....	180
Ilustración 138. Peso del Bloque 30% PET con Aditivo #2 .....	181
Ilustración 139. Lectura de Bloque 30% PET con Aditivo #2 en la máquina de compresión .....	181
Ilustración 140. Peso del Bloque 30% PET con Aditivo #3 .....	182
Ilustración 141. Lectura de Bloque 30% PET con Aditivo #3 en la máquina de compresión .....	183
Ilustración 142. Peso del Bloque 30% PET con Aditivo #4 .....	184
Ilustración 143. Lectura de Bloque 30% PET con Aditivo #4 en la máquina de compresión .....	185
Ilustración 144. Comparación de la resistencia entre bloques BB, 10% y 10%+Aditivo .....	186
Ilustración 145. Comparación de la resistencia entre bloques BB, 20% y 20%+Aditivo .....	187
Ilustración 146. Comparación de la resistencia entre bloques BB, 30% y 30%+Aditivo .....	188
Ilustración 147. Grafica comparativa de densidad entre bloques BB, B10 y B10A.....	192
Ilustración 148. Grafica comparativa de densidad entre bloques BB, B20 y B20A.....	194
Ilustración 149. Grafica comparativa de densidad entre bloques BB, B30 y B30A.....	195
Ilustración 150. Grafica comparativa de absorción entre bloques BB, B10 y B10A .....	198
Ilustración 151. Grafica comparativa de absorción entre bloques BB, B20 y B20A .....	199
Ilustración 152. Grafica comparativa de absorción entre bloques BB, B30 y B30A .....	201
Ilustración 153. Comparación del % de absorción entre bloques BB, B10 y B10A .....	203
Ilustración 154. Comparación del % de absorción entre bloques BB, B20 y B20A .....	205
Ilustración 155. Comparación del % de absorción entre bloques BB, B30 y B30A .....	206
Ilustración 156. Comparación del contenido de humedad entre bloques BB, B10 y B10A .....	209
Ilustración 157. Comparación del contenido de humedad entre bloques BB, B20 y B20A .....	210
Ilustración 158. Comparación del contenido de humedad entre bloques BB, B30 y B30A .....	212

Ilustración 159. Grafica comparativa del volumen neto entre bloques BB, B10 y B10A.....	214
Ilustración 160. Grafica comparativa del volumen neto entre bloques BB, B20 y B20A.....	216
Ilustración 161. Grafica comparativa del volumen neto entre bloques BB, B30 y B30A.....	217
Ilustración 162. Comparación del Área neta promedio entre bloques BB, B10 y B10A.....	220
Ilustración 163. Comparación del Área neta promedio entre bloques BB, B20 y B20A.....	221
Ilustración 164. Comparación del Área neta promedio entre bloques BB, B30 y B30A.....	223
Ilustración 165. Uso del programa Minitab.....	233
Ilustración 166. Informe de resumen resistencia 10% PET y bloque base .....	234
Ilustración 167. Informe de resumen resistencia 10% PET + Aditivo y bloque base .....	235
Ilustración 168. Informe de resumen resistencia 20% PET y bloque base .....	235
Ilustración 169. Informe de resumen resistencia 20% PET + Aditivo y bloque base .....	236
Ilustración 170. Informe de resumen resistencia 30% PET .....	237
Ilustración 171. Informe de resumen resistencia 30% PET + Aditivo .....	238
Ilustración 172. Informe de resumen peso 10% PET .....	239
Ilustración 173. Informe de resumen peso 10% PET+A .....	240
Ilustración 174. Informe de resumen peso 20% PET .....	240
Ilustración 175. Informe de resumen peso 20% PET+A .....	241
Ilustración 176. Informe de resumen peso 30% PET .....	242
Ilustración 177. Informe de resumen peso 30% PET+A .....	242

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Gravedad Específica Bulk Seca.....	43
Ecuación 2. Gravedad Específica Bulk SSD (Saturada con Superficie seca).....	43
Ecuación 3. Gravedad específica aparente .....	43
Ecuación 4. Porcentaje de Absorción .....	43
Ecuación 5. Peso Específico Bulk.....	45
Ecuación 6. Peso específico Bulk saturado con superficie seca.....	46
Ecuación 7. Peso específico aparente.....	46
Ecuación 8. Porcentaje de absorción.....	46
Ecuación 9. Peso Volumétrico de los Agregados.....	47
Ecuación 10. Peso Retenido Acumulado.....	104
Ecuación 11. Porcentaje de Peso Retenido Individual .....	105
Ecuación 12. Porcentaje de Peso Retenido Acumulado.....	105
Ecuación 13. Porcentaje Pasado.....	105
Ecuación 14. Relación Agregado Cemento .....	132
Ecuación 15. Cantidad de Agregado .....	132
Ecuación 16. Cantidad de Agregado Fino sin contenido de humedad.....	133
Ecuación 17. Cantidad de Agregado Fino con contenido de humedad .....	133
Ecuación 18. Cantidad de Agregado Grueso sin contenido de humedad .....	133
Ecuación 19. Cantidad de Agregado Grueso con contenido de humedad.....	133
Ecuación 20. Área de compresión del bloque.....	141
Ecuación 21. Área de compresión del bloque.....	141
Ecuación 22. Área de compresión del bloque.....	141

Ecuación 23. Área de compresión del bloque.....	141
Ecuación 24. Resistencia de Compresión.....	141
Ecuación 25. Promedio de Resistencia de Compresión.....	141
Ecuación 26. Densidad del bloque .....	190
Ecuación 27. Absorción del bloque.....	190
Ecuación 28. Porcentaje de absorción del bloque.....	190
Ecuación 29. Contenido de humedad del bloque .....	190
Ecuación 30. Volumen Neto del bloque.....	191
Ecuación 31. Área neta del bloque.....	191

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

En el rubro de la construcción el concreto es el material más utilizado en diferentes obras y proyectos a nivel mundial, dentro de estos materiales destaca el uso de bloques de concreto el cual a lo largo del tiempo ha sufrido pocos cambios en su método de elaboración.

Asimismo, se destaca que, así como los bloques de concreto son muy utilizados también se sabe que el plástico es una de las materias primas más usadas por los seres humanos en todo el diario vivir. Siendo uno de los materiales más utilizados por la sociedad en todas partes del mundo con grandes fines tales como económicos, duraderos y prácticos para los seres humanos. La gran y continua utilización del plástico ha incrementado su demanda a nivel global trayendo por consiguiente problemas de acumulación de residuos plásticos que generan contaminación y asimismo traen consigo un gran impacto ambiental.

En base a lo anteriormente mencionado se debe reducir la contaminación causada por el plástico y es por esto que hoy en día es de suma importancia encontrar métodos para poder reutilizarlo, para conseguir reciclar este plástico lo más común es que este pase por un proceso de trituración y así obtener pequeñas fibras del mismo, las cuales son llamadas tereftalato de polietileno o (PET por sus siglas en ingles "polyethylene terephthalate") y en modo de lograr reducir la contaminación se pretende utilizarlas en la elaboración de bloques de hormigón sustituyendo un porcentaje de arena por estas fibras, lo cual trae consigo diferentes beneficios, de los cuales destacan los ambientales, económicos y constructivos. Para ampliar el trabajo de investigación y obtener resultados favorables se realizarán diferentes mezclas de concreto con diferentes porcentajes de tereftalato de polietileno y de aditivo acelerante de fraguado y de resistencia temprana con el fin de encontrar una combinación optima y eficaz.

En base a lo anteriormente planteado se busca obtener un beneficio en el ámbito económico, ya que al utilizar estas fibras se logra disminuir costos en la producción de los bloques y así beneficiar a todo el sector productor de bloques.

## **CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En este capítulo se establecerán los antecedentes de la investigación que se pretende realizar, dentro de los cuales se presentan estudios e investigaciones previas correspondientes al contenido de la presente tesis. Seguidamente, se determinará la problemática a la cual se le busca dar una solución mediante la creación de ciertas preguntas de investigación, las cuales se contestarán con el tema a evaluar. Posteriormente se definirán los objetivos en dos partes, generales y específicos para determinar lo que se estará realizando durante el trabajo. Finalmente, se definirá una justificación para la investigación en el cual se pretende establecer los diferentes beneficios que esta podría proveer.

### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

El crecimiento poblacional ha hecho que los niveles de desechos crezcan en gran manera y de los que más destacan son los plásticos que en los últimos años están siendo un gran problema para el ambiente.

“Según estudios previamente realizados por la ONU se puede mencionar que solo un 9% de todo ese plástico que se desecha es reciclado, 12% es quemado o incinerado y el 79% se mantiene en su estado natural el cual termina como desecho contaminando los mares y como se menciona anteriormente trae consecuencias graves al medio ambiente.” (Mundo, 2017)

Los envases hechos con tereftalato de polietileno (PET por sus siglas en inglés) constituyen uno de los elementos reciclables más usados en todo el mundo, cada vez son más los productos envasados en este material gracias a sus cualidades: irrompible, económico, liviano, impermeable y reciclable; además, desde el punto de vista ambiental, el PET es la resina con mejores características para el reciclado.

Sin embargo, hay una problemática con el tereftalato de polietileno ya que el tarda aproximadamente 700 años en degradarse. Por su alta demanda este crea un fenómeno de acumulación de plástico a nivel global.

En el ámbito de la construcción se busca implementar nuevas técnicas que incorporen el plástico reciclado y es por esto que se han realizado trabajos de investigación como ser la investigación

de Determinación del Esfuerzo a Compresión con la Utilización de Polímeros Reciclados y Nano Aditivos realizado en Ecuador que describe la elaboración y evaluación de bloques huecos de hormigón utilizando polímeros reciclados (PET) y aditivo (reductor de agua y mejorador de resistencia) junto al cemento, agua, arena y grava, para lograr encontrar un material constructivo ecológico capaz de reducir la contaminación ambiental.

En continuación a lo anterior, en dicha investigación se realizaron diferentes fases. En la primera fase se caracterizaron los agregados pétreos, tereftalato de polietileno (PET) y nano aditivo. En la segunda se estableció varias dosificaciones con diferentes porcentajes de PET triturado que sustituirían la arena y adicionalmente se le agregó el nano aditivo. En la tercera fase se realizó y se determinó los esfuerzos a compresión del bloque, aquí se obtuvo mayor resistencia y menor peso gracias al uso del nano aditivo. En el bloque en el que solo se utilizó PET triturado sin nano aditivo redujo la resistencia.

Por otra parte, investigadores del Conicet (El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) han desarrollado un ladrillo reutilizando el plástico de tereftalato de polietileno (PET) de muchos de los envases que son utilizados en el diario vivir.

En continuación a lo anterior estos investigadores han patentado un proceso de utilización del PET para la fabricación de ladrillos para la construcción. Desde el lado medioambiental, un ladrillo PET se fabrica reutilizando aproximadamente 20 botellas.

## **2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Una vez conocidos los antecedentes del proyecto presentados anteriormente se continua con la elaboración de la definición del problema la cual se divide en dos partes que son el enunciado del problema y la formulación del problema. A continuación, se brindará información para establecer cuáles son los problemas que hay al no reciclar los plásticos de envases y de cómo esto se podría solucionar al implementarlo a la elaboración de bloques.

### **2.1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

A continuación, se le brinda para mayor comprensión del lector el enunciado del problema:

“Debido al alto y rápido crecimiento poblacional, la cantidad de desperdicios plásticos crece a niveles alarmantes. Con el fin de reutilizar el plástico y de buscar nuevas soluciones aplicadas en la construcción, se realizará un Análisis y Caracterización de Bloques con el uso Tereftalato de Polietileno y Aditivo Acelerante de fraguado y de obtención de resistencia temprana.”

#### 2.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué cambios mecánicos y físicos tendrían los bloques al sustituir la arena por el tereftalato de polietileno (PET) y aditivo, y que tan factible sería económica y constructivamente?

### **2.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

- 1) ¿El bloque con sustitución parcial de tereftalato de polietileno con respecto a la arena muestra una mayor resistencia a la compresión que el bloque común?
- 2) ¿Cuáles son las diferencias en peso volumétrico y granulometría entre el tereftalato de polietileno (PET) y el agregado fino para la elaboración del bloque?
- 3) ¿Cuáles son las diferencias en las características (Peso y Absorción) de los bloques con la utilización de PET y aditivo en comparación al bloque sin PET?
- 4) ¿Cuál será la dosificación óptima de tereftalato de polietileno (PET) y aditivo para la elaboración del bloque hueco de hormigón?
- 5) En caso de obtener resultados positivos ¿Es más factible económica y constructivamente realizar bloques con la utilización de PET a los bloques utilizados comúnmente?

### **2.4. OBJETIVOS**

#### 2.4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis de resistencia a la compresión y caracterización de los bloques huecos de hormigón que contengan polímeros reciclados y aditivos, para reducir la contaminación ambiental y costos en la construcción.

#### 2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar la resistencia a la compresión del bloque con sustitución parcial de tereftalato de polietileno con respecto a la arena y el bloque común.
- 2) Comparar el peso volumétrico y la granulometría del tereftalato de polietileno y el agregado fino.
- 3) Obtener una comparación de las características de los bloques, tanto de peso como de absorción.
- 4) Establecer la dosificación adecuada de partículas de tereftalato de polietileno (PET) y aditivo.
- 5) Comparar el costo de producción entre bloque con tereftalato de polietileno más aditivo y el bloque común.

#### 2.5. JUSTIFICACIÓN

La problemática del deterioro ambiental es evidente y como propuesta, en esta investigación se pretende brindar un beneficio al planeta. Es una realidad que gracias a procesos constructivos se contribuye de manera colosal con el deterioro ambiental. Por esta razón en la construcción es imperioso implementar técnicas y prácticas alternativas para brindar una solución factible tanto para el medio ambiente como para la construcción. Honduras es un país rico en vegetación, con un 82% de su territorio cubierto por verdes montañas, las cuales hacen un país con abundante biodiversidad.

Además de brindar una ayuda para el medio ambiente, esta investigación impulsa a crear nuevos productos que puedan disminuir costos. Por consiguiente, se está desarrollando un bloque de hormigón que pueda reemplazar el material pétreo por material reciclado, y determinar si es viable para ser utilizado en procesos constructivos. Esta investigación admite saber por medio de análisis y pruebas la aplicabilidad que tendría el bloque. Adicionalmente, se desea aumentar la resistencia del bloque colocando una ración de aditivo. El proyecto de investigación está orientado en el cuidado de los recursos naturales y reducción de costos, por medio de materiales reciclados de plástico PET.

La investigación será beneficiosa para constructores, propietarios y para el medio ambiente, ya que al utilizar un producto que se considera como un desperdicio para las compañías recicladoras

del país. Se pretende que este genere una reducción en precios y proporcione una estructura más liviana. De igual forma el país será beneficiado ya que se estará brindando información para futuros proyectos donde se utilice material reciclado en la construcción, dado que Honduras carece de una falta de investigación para nuevos procesos. Al realizar este tipo de investigación aumentará el interés de realizar nuevos métodos de construcción a nivel nacional, generando un enorme desarrollo social.

Esta investigación contribuye académicamente a la generación de conocimiento y conceptos de aplicación de normas que brinden como resultado una respuesta en caso de que este método pueda ser usado y que brinde una solución para incrementar la cantidad de hogares en el país. Según la ONU el déficit habitacional en Honduras es de casi millón y medio. En las cuales hay personas en casas alquiladas, casas de bahareque tradicional construidas con desechos o en hacinamientos.

## **CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO**

Inmediatamente después de comprender los antecedentes, objetivos y las preguntas de investigación que se desea responder en el proyecto, se lleva a cabo el marco teórico del mismo. Es necesario conocer la situación actual en el mundo y en Honduras sobre el plástico reciclado utilizado en la construcción. Asimismo, se darán a entender las problemáticas que conlleva realizar una solución como la del tema investigado.

### **3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

Al momento de realizar un estudio de investigación es de suma importancia conocer sobre el tema del cual se va a tratar que en este caso es el uso del plástico en proyectos ya sea dentro o fuera del país. Es preciso recopilar información y obtener resultados base sobre diferentes proyectos realizados con el uso del plástico, así como también obtener resultados promedio de factibilidad de su uso en el ámbito constructivo.

Así mismo, la construcción en la actualidad necesita el implemento de nuevos métodos sostenibles para el medio ambiente, seguidamente se presenta un análisis de la situación actual a nivel mundial, también el estado en el cual se encuentra este tema en el país sobre el implemento de residuos de plástico u otro material reciclado en la construcción.

#### **3.1.1 ANÁLISIS DE MACROENTORNO**

El análisis del macroentorno contempla la situación a nivel nacional e internacional de los temas correspondientes a la investigación.

Es por esto que se destaca que el alto y rápido crecimiento poblacional trae como efecto la necesidad de aumentar la infraestructura de todo el mundo. Por eso es de suma importancia investigar nuevos métodos de construcción para poder mitigar el efecto negativo que produce la construcción en el planeta tierra.

La organización de las naciones unidas ONU menciona que "se tiene previsto que la población mundial aumente en más de 1.000 millones de personas en los próximos 15 años, por lo que se

alcanzarían los 8.500 millones en 2030, 9.700 millones en 2050 y 11.200 millones en 2100” (Poblacion, n.d.)



**Ilustración 1. Población mundial ONU**

Fuente: (Poblacion, n.d.)

Por el crecimiento poblacional la construcción incrementa produciendo un alto consumo de los recursos naturales, dañando la flora y fauna de nuestro planeta tierra. Dado que el concreto es el material que más se utiliza en el mundo de la construcción, es el que más causa daño en el mundo ya que su proceso de fabricación involucra la extracción de arena y grava. A medida que pasa el tiempo se hacen estudios e investigaciones para reducir el costo y el uso de estos materiales pétreos en el concreto. “Los recursos del planeta para la fabricación de los productos que utilizamos diariamente se acaban poco a poco, lo que nos alienta a buscar métodos que ayuden a desacelerar este proceso.” (López, 2015)

Esto ha creado que se empiecen a utilizar materiales compuestos. “La utilización de elementos estructurales fabricados con materiales compuestos ha tenido un crecimiento durante estas décadas, siendo en las industrias aeronáutica donde mayor aplicación han tenido, debido que los aviones son estructuras en las que el peso es factor clave.” (López, 2015)

### 3.1.1.1 Presanella.

Presanella es una empresa italiana especializada en proyectos de construcción que ha patentado un sistema que recicla plástico transformándolo en ladrillos y otros materiales que componen el diseño arquitectónico para la construcción de casas. Este ladrillo permite construir casas con un alto nivel tecnológico, con rapidez y a muy bajo costo. Para construir una casa de 80 metros cuadrados se necesitan 2.500 kg de plástico reciclado.



**Ilustración 2. Casa construida a base de ladrillos de plástico reciclado**

Fuente: (Presanella, 2018)

La empresa fabrica diferentes tipos de ladrillos para los soportes de pared y vigas del techo. Además, también se usa cemento, agua y espuma de poliestireno. Este cemento ligero aumenta el aislamiento térmico y acústico del edificio, lo que ayuda a reducir el gasto de energía de la calefacción de la casa.

Según afirma Presanella (2018):

Lo que hace que los gastos sean menores es que además de los materiales utilizados, el almacenamiento de todos los componentes puede hacerse en un espacio reducido, además de casi la ausencia de maquinaria y la reducción de mano de obra cualificada en la construcción de estas viviendas (p. 16).

El método desarrollado por la empresa italiana trae consigo diferentes ventajas como ser las siguientes:

- Kit casa modular con reducción de los volúmenes y pesos de los embalajes.
- Velocidad y simplicidad de la construcción.
- Reducción sustancial de los diversos materiales de construcción.
- Uso limitado de fundaciones y armaduras de hormigón y hierro.
- Uso reducido mano de obra especializada.
- Facilidad de transporte y la consiguiente reducción de los costes.
- Reducción sustancial de maquinaria para la manipulación de cargas.
- Reducciones importantes de riesgo lesiones en lugar de trabajo.



**Ilustración 3. Vista de diferentes etapas de construcción**

Fuente: (Presanella, 2018)

### 3.1.1.2 Casas con ladrillos de plástico reciclado en Colombia

La finalidad de este proyecto desarrollado por un arquitecto colombiano de apellido Méndez es transformar basura plástica y caucho en un sistema constructivo alternativo para viviendas temporales y permanentes, y otras edificaciones. "Una materia prima económica y accesible en cualquier lugar del mundo. Un sistema de construcción un 30% más barato que los sistemas tradicionales en zonas rurales" (Méndez, 2016, p.8)

El plástico se funde e inyecta en un molde para producir bloques de plástico que se montan como piezas de Lego el cual es un sistema de montaje sencillo y que facilita la construcción de viviendas.



**Ilustración 4. Plástico reciclado convertido en ladrillos**

Fuente: (Mendez, 2016)

"La misión es proporcionar los materiales y dar la formación necesaria para construir sus casas usando su sistema. Una casa para una familia se puede construir por cuatro personas, sin experiencia, en tan sólo cinco días" (Mendez, 2016)

Según lo anterior se puede apreciar en la ilustración 5 el proceso finalizado de una casa hecha con materiales de plástico reciclado.



**Ilustración 5. Producto final de vivienda construida con ladrillos de PET**

Fuente: (Mendez, 2016)

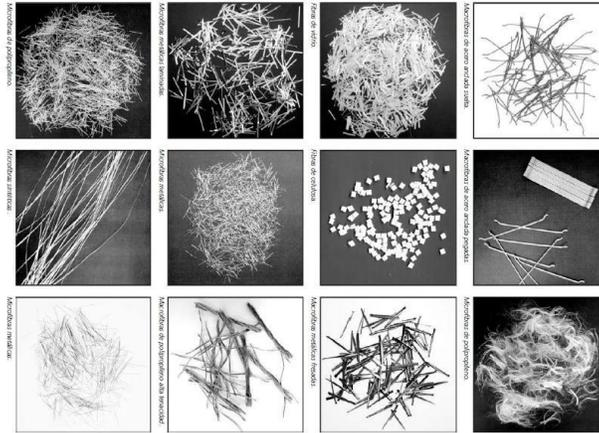
Este sistema en gran medida reduce el plástico que llega a los vertederos, lo que reduce el consumo de agua y energía, al igual que la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante el uso de estos materiales reciclados.

### 3.1.1.3 Uso de fibras recicladas como refuerzo en el concreto.

Como el concreto ha creado tanto impacto negativo al medio ambiente ya se empezaron a utilizar fibras para reducir la cantidad de material pétreo. Según Cesar A. Juarez Alvarado, (2003):

A partir de que las fibras de asbesto fueron relacionadas con potenciales peligros para la salud, se inició la búsqueda de posibles sustitutos que le proporcionaran al concreto las propiedades tan favorables que el asbesto le daba, además de ser competitivos en calidad y precio. Las fibras de acero, de vidrio y, más recientemente, las de polipropileno, son alternativas viables para reforzar al concreto. (p. 2)

Dicho lo anterior los especialistas en concreto están incluyendo cada día estas fibras para reducir el impacto ambiental. Empresas como Comercializadora de Polímeros Reciclados es una empresa que vende fibra para ser utilizadas en la construcción y también en investigación para encontrar un uso de estas mismas en el ámbito de la ingeniería civil. También existen empresas que se encargan de vender fibras de materiales naturales para hacer del concreto u la construcción algo más ecológico.

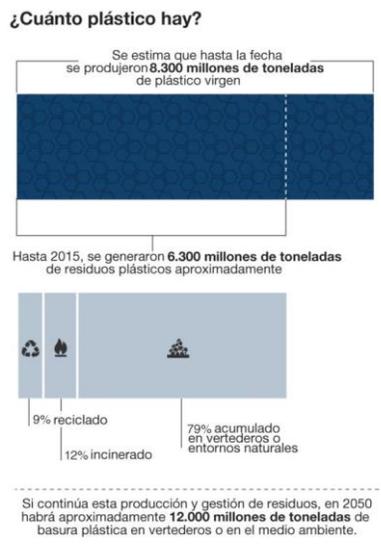


**Ilustración 6. Tipo de Fibras**

Fuente: (Bornand, 2017)

Dentro de las investigaciones actuales más importantes se encuentra la utilización del plástico como material de construcción. Por su larga duración en nuestro planeta el plástico es una eminencia cuando se habla de contaminación. Una de las grandes ventajas de los muchos tipos de plástico es que están diseñados para durar por largos periodos de tiempos.

Y casi todo el plástico que se ha creado en la actualidad todavía existe de alguna forma. (Mundo, 2017).



**Ilustración 7. Plástico existente en el mundo**

Fuente: (Mundo, 2017)

Por datos como los mencionados anteriormente la población mundial está interesada en reciclar el plástico y usarlo para la construcción. Este plástico por su larga duración se le debe de encontrar un beneficio y se implementado en otros ámbitos de la vida.

### 3.1.1.4 Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas.

Sucre, Bolivia

Según (V. Flores, 2014):

“Utilizar desechos plásticos PET (Tereftalato de Polietileno), procedente de envases descartables y otros residuos utilizados en la elaboración de morteros para la fabricación de elementos constructivos. Los residuos se trituraron e incorporaron a una mezcla de cemento con un aditivo químico, para mejorar la resistencia, con esta mezcla se fabricaron ladrillos y tejas las cuales presentaron menor peso unitario, absorción aceptable y resistencias acordes a las exigidas por normas. Este proyecto permite poner en práctica la consigna de las tres R, reducir, reutilizar y reciclar.”

**Tabla 1. Composición Granulométrica**

Composición Granulométrica (Norma Iram1627)			
Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Ret. Acumulados
4 = 4,75 mm	2,5	0,278	0,278
8 = 2,40 mm	97,0	10,790	11,068
16 = 1,20 mm	191,5	21,301	32,370
30 = 0,59 mm	297,0	33,037	65,410
50 = 0,29 mm	236,0	26,250	91,660
1 100 = 0,15 mm	56,0	6,220	97,880
MF = 2,99			

Fuente: (V. Flores, 2014)

En este proyecto se cambió solamente el 15% de arena y se hicieron pruebas de resistencia, las cuales brindaron números que pueden ser beneficiosos al estudio. Como conclusión en este proyecto obtuvieron valores para que las tejas y los ladrillos fueran utilizados en la construcción.

**Tabla 2. Peso de materiales utilizados en ladrillos y tejas**

Serie de probetas	% Sustitución de arena por PET	Cemento kg	Arena kg	Escamas dePET kg	Agua cm <sup>3</sup>	Aditivo %
1	15%	1	4	1	900	No Contiene
2	15%	1	4	1	600	2,0 Fluidificante sika

Fuente: (V. Flores, 2014)

En el informe recomiendan que los bloques pueden ser utilizado en la construcción, pero lo recomiendan para viviendas de pequeñas dimensiones por el temor que tengan una falla en el futuro por la falta de cohesión.

### 3.1.1.5 Nueva alternativa de la construcción, botellas PET rellenas con concreto.

En Bogotá Colombia existe una empresa llamada Eco-Tec que se dedica a la construcción de muros con botellas de plástico y tienen bastante trabajo ya que sus muros han tenido muy buena funcionalidad y son de buen precio. Al mismo tiempo están reciclando y ayudando al medio ambiente. Esta empresa escribió un artículo acerca de lo que ellos elaboran, como ser muros para casas y tanques de agua para poblaciones que no tienen recursos. En este artículo (Daniel Ruiz Valencia, (2012) expresa:

Dos de los mayores problemas de la humanidad son la falta de vivienda y la acumulación de los residuos sólidos y basura que al final trae como consecuencia problemas ambientales. Dentro de estos residuos sólidos están los plásticos como las botellas PET (envases de bebidas gaseosas, por ejemplo). Para afrontar ambos problemas, desde el año 2001 la empresa Eco-Tec Soluciones ha sido pionera en la construcción de casas y tanques de almacenamiento de agua con botellas PET llenas de tierra. Los grupos GRIME y Estructuras y Construcción de la Pontificia Universidad Javeriana, en asocio con Eco-Tec Soluciones, documentaron el proceso constructivo y realizaron pruebas piloto para evaluar la resistencia mecánica a la compresión de botellas rellenas. Asimismo, hicieron pruebas piloto del comportamiento mecánico de muros de botellas rellenas con tierra ante cargas perpendiculares al plano del muro. Estos resultados y análisis se presentan en el presente documento (p. 8).

Este es un buen método que se podría utilizar en lugares donde no hay recursos económicos para hacer tanques de agua o muros para casas. Dentro del artículo se mencionan procedimientos e

imágenes para tener una mejor perspectiva de como utilizan el plástico en estos métodos constructivos. Según Daniel Ruiz Valencia, (2012):

“Son varias las ventajas que presenta el sistema:

**Duración:** Las botellas plásticas (PET) tienen un periodo de degradación en el medio ambiente calculado en 200 a 300 años. Con lo cual se puede garantizar, por ese periodo, la estabilidad del material que contiene la tierra. Se consigue un buen aislamiento térmico: por tener como relleno tierra y un espesor mayor a 28 centímetros, resulta ser un buen aislamiento térmico, generando un diseño bioclimático. En cuanto a la economía: Permite un ahorro hasta de 50 % en materiales en comparación con la construcción tradicional. **Autoconstrucción:** El proceso de construcción es realizado por la misma comunidad necesitada, sin necesidad de una capacitación particular. **Botellas:** No hay restricción por tamaño, forma o marca de las botellas para su uso en el sistema. La mayor limitación que presenta el sistema es que no tiene reglamentación, ni estudios de caracterización, a nivel mundial y nacional, que permitan determinar el comportamiento del sistema (p. 3).



**Ilustración 8. Material de relleno que va dentro de las botellas**

Fuente: (Daniel Ruiz Valencia, 2012)

Como se puede ver en la ilustración 9 se rellenaron las botellas con un material de relleno para luego ser utilizadas en los muros y tanques. Según el artículo para rellenar las botellas “Introduciendo el material dentro de la botella a través de un embudo y se va apisonando cada

capa hasta llenarla. Cuando la botella está llena no debe presentar abolladuras y al presionarla, no se debe hundir ninguna cara lateral” Daniel Ruiz Valencia, (2012)

Luego de colocar los botes se rellenan los orificios con mezcla de concreto para que la pared tenga una mejor estabilidad y resistencia.



**Ilustración 9. Nivelación para pared de botella**

Fuente: (Daniel Ruiz Valencia, 2012)

Cuando se hacen los tanques de agua Daniel Ruiz Valencia, (2012) dice:

El sistema ha demostrado tener aplicación en otros elementos de construcción, especialmente post desastre como tanques de almacenamiento de agua. Para la construcción de un tanque se prepara una superficie plana y nivelada. Sobre esta superficie se levanta una primera capa de arena-cemento. Se debe tener precaución de dejar, previamente, los tubos de desagüe necesarios para el lavado del tanque. En el centro se coloca una varilla o elemento guía, que sirva de compás o base del círculo. Se amarra la botella por la cintura con la tapa hacia afuera. Al finalizar el círculo se amarra la primera botella con la última, con un doble nudo. De esta manera se construyen capas sucesivas hasta encontrar la altura solicitada. La segunda capa de mortero se construye con tierra. Es importante verificar la nivelación de las botellas desde el radio y de manera horizontal con las botellas de la hilada. Una vez que se tenga la altura requerida del tanque, se debe pañetar de manera interna con una mezcla de arena-cemento. Es usual que el tanque se recubra al interior con un plástico con el fin de evitar filtraciones (p. 3).

Dicho lo anterior la empresa también da capacitaciones a los pobladores para que puedan hacer más de estas estructuras de bajo costo y funcionales. La mano de obra puede ser personas que

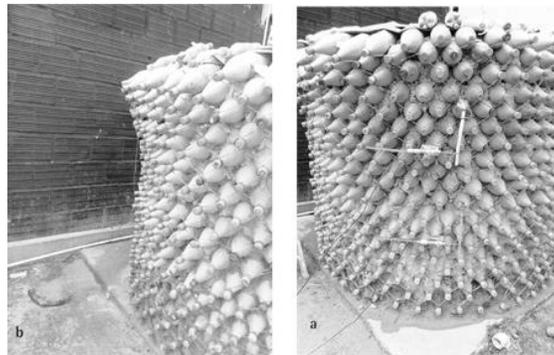
viven en el sector y tengan voluntad de trabajo. Algunas de las botellas se llevan para ser evaluadas a compresión y se toman datos en una tabla como en la tabla 3.

**Tabla 3. Botellas a prueba de compresión**

Probeta	Relleno	Tamaño (ml)	Carga maxima soportada (KN)
1	Escombros	600	310
2	Escombros	1500	192
3	Mini relleno sanitario	2000	50
4	Tierra arenosa	600	101
5	Tierra arenosa	1500	70
6	Vacia	600	5
7	Vacia	1500	4

Fuente: (Daniel Ruiz Valencia, 2012)

Las paredes pueden ser hechas en el piso para luego levantarse, pero se ocupa se mucha fuerza o también se puede hacer de manera vertical. En la ilustración 10 y la ilustración 11 se puede observar cómo se miran las construcciones con PET ya finalizadas.



**Ilustración 10. Tanque terminado con botellas**

Fuente: (Daniel Ruiz Valencia, 2012)



**Ilustración 11. Pared terminada de Botellas**

Fuente: (Daniel Ruiz Valencia, 2012)

### 3.1.1.6 Capacidad a cortante en vigas de concreto fibro-reforzado.

Acapulco, México

Capacidad a cortante por tensión diagonal en vigas de concreto fibro-reforzado. En esta investigación se realizó el estudio del comportamiento a cortante debido a tensión diagonal en 32 vigas de concreto con refuerzo longitudinal y fibras de acero. Se investigó el efecto de la resistencia a la compresión del concreto y la variación en la fracción del volumen de las fibras (0,0.5, 1, 1.5%). Se ensayaron las vigas bajo cargas estáticas produciendo altos valores de fuerzas de cortante las cuales generaron los esfuerzos de tensión diagonal. (González, 2004)

Las vigas fueron reforzadas a cortante mediante el uso de estribos teniendo en cuenta que solo la mitad de estas vigas tenían estribos con el fin de analizar el efecto de la presencia de las fibras en los esfuerzos actuantes en los propios estribos.

El autor de la investigación anuncia que “los resultados indican que, al aumentar el volumen de fibra, la resistencia a cortante y la ductilidad en las vigas fibro-reforzadas con estribos se incrementan” (González, 2004).

En esta investigación se realizaron vigas sin estribos y se determinó que “la fuerza cortante en las vigas fibro-reforzadas sin estribos es considerablemente mayor que la fuerza teórica estimada por el código del ACI, sin embargo, la ductilidad se reduce de manera importante” (González, 2004).

En la presente investigación concluye que, "Las fibras de acero como refuerzo adicional en la zona longitudinal y transversal que permiten incrementar sustancialmente la resistencia a cortante por tensión diagonal y la ductilidad en las vigas de concreto fibro-reforzadas, en comparación con las vigas de concreto reforzado sin fibras" (González, 2004).

### 3.1.1.7 Carreteras con plástico en India.

Esta tecnología de la elaboración de carreteras con plástico ya ha sido comprobada y se obtenido la información de que reduce los costos y hace que las carreteras sean más duraderas y, por lo tanto, más seguras.

En la India, ya existen carreteras hechas de desechos de plástico triturado. Con el paso del tiempo esta idea de utilizar plástico reciclado está demostrando ser una solución muy popular, pero sobre todo eficaz, para hacer frente a los residuos y a las condiciones climáticas extremas como las que se viven en la actualidad en India.

Según explica Gieser, (2018):

Para hacer las carreteras con plástico primero, se calienta este material a baja temperatura para evitar emisiones contaminantes, y obtener una textura más fluida. Después se espolvorean estos residuos plásticos triturados sobre la gravilla caliente (pueden incluir desde envoltorios de golosinas hasta bolsas de compras). Finalmente, a la mezcla se le añade el asfalto (p. 7).

Este proceso de utilizar el plástico reciclado para elaborar carreteras trae consigo una gran cantidad de ventajas las cuales se enlistan a continuación:

- Aumenta la resistencia a la tracción en un 60%.
- Reduce los baches.
- Reduce el ruido.
- Aumenta la vida útil de la carretera.
- Utiliza residuos plásticos locales en carreteras locales.
- Reduce el betún importado.
- Ayuda a fomentar una economía circular.

- Reduce las emisiones de carbono.
- Reduce los costes de mantenimiento.
- Reducir los costes de la eliminación de los residuos plásticos.
- No se necesitan herramientas o máquinas nuevas ni especiales.
- Una alternativa para gestionar las enormes cantidades de residuos plásticos y evitar así su quema.



**Ilustración 12. Carretera en construcción con el uso de plástico reciclado**

Fuente: (Gieser, 2018)

### 3.1.2 ANÁLISIS DE MICROENTORNO

El análisis del microentorno comprende información de la situación local, específicamente de Honduras, de temas que tengan importancia para la tesis. Como ser tópicos de reciclaje de plástico y uso de estos en la construcción hondureña. En Honduras se está reciclando bastante plástico, existen empresas como INVEMA que utilizan el plástico para crear botellas nuevas entre otros productos, para luego ser exportadas a China, Estados Unidos entre otros.

Honduras es un país con el potencial de ser sede de las mejores recicladoras de América, por la mano de obra que posee. “En Honduras se reprocesan 2.000 toneladas de botellas PET por mes. La compañía de reciclaje INVEMA adquirió un equipo para reciclaje de botellas PET de Herbold Mesckesheim, para fabricar con calidad botella a botella de acuerdo con la regulación de la FDA” (Tecnología del Plastico, 2017).

“Gracias al apoyo del gobierno y el BID la empresa INVEMA, la cual es considerada la más grande de Centro América, se le aportó con una suma de US\$5,5 millones como préstamo. Esta cantidad de dinero se le presto ayudar a la mayor empresa de reciclaje de Honduras a adquirir e instalar paneles solares fotovoltaicos en los techos de su planta de San Pedro Sula” (INVEMA, 2012, p. 3).



**Ilustración 13. Paneles solares INVEMA**

Fuente: (Tecnología del Plastico, 2017)



#### **Ilustración 14. Maquinaria de alta calidad**

Fuente: (Tecnología del Plástico, 2017)

Uno de los compradores de regranulado que vende INVEMA es Coca Cola. “El propietario de INVEMA, George Gatlin explicó en una entrevista que Coca Cola está encantada con la calidad del regranulado que fabricamos” (Tecnología del Plástico, 2017). Para poder producir este regranulado Tecnología del Plástico, (2017) expresa:

En un proceso de varios pasos las botellas son preseleccionadas, lavadas en frío y en caliente y después del secado se añaden al clasificado de escamas. La empresa de reciclaje cuenta con 370 trabajadores en Honduras y otros 100 en El Salvador, quienes se encargan de recolectar, aceptar, clasificar y preparar las botellas. Al mismo tiempo se crea una segunda instalación para el tratamiento de fracciones de poliolefinas del proceso de reciclado, de tapones y etiquetas (p. 1)

Esta empresa es un claro ejemplo de cómo el reciclar el plástico brinda consecuencias positivas no solo al medio ambiente pero también abre oportunidades para empleos y pone el nombre del país en alto.

Ya que el plástico es el desperdicio más abundante de Honduras es de gran importancia crear un impacto positivo. Se crean fuentes de empleo para muchas personas de Honduras que se dedican a la recolección del plástico y forman puestos de trabajo dentro de las instituciones recicladoras. Lo que menciona INVEMA es que “Nuestro objetivo diario es proporcionar a nuestros proveedores

el mejor mercado para su chatarra y entregar a nuestros clientes productos ecológicos a tiempo con una calidad en la que puedan confiar” (INVEMA, 2019, p.2).

INVEMA también propone que “Nuestro objetivo es ser un Centro de reciclaje para todos los residuos no orgánicos generados por nuestra sociedad, proporcionando soluciones eficientes, rentables y respetuosas con el medio ambiente para el reciclaje” (INVEMA, 2019, p.2).

La planta, que es la primera en Centroamérica, se construyó con una inversión de 10 millones de dólares y producirá 650 toneladas de resina al mes, la cual será utilizada por embotelladoras de Honduras, Nicaragua y El Salvador. (Zapata, 2017).

### 3.1.2.1 Calles de con plástico reciclado en Útila.

Islas de la Bahía, Honduras.

En Honduras ya se realizó una calle que contiene plástico reciclado y está ubicada en Utila. Esta fue hecha por Alcaldía municipal dirigida por Troy Bodden. La iniciativa de esta calle se dio cuando empezó a circular un video de una acumulación de plástico cerca del arrecife coral. La calle tiene 91 metros de longitud. Se está utilizando 28% de plástico en la calle el cual representa 272 kilos de plástico en el hormigón. Se sabe por medio del artículo de Peliccia, (2018) que:

La calle de Holland, que hace esquina con la calle Principal, llena de bares de turistas y centros de buceo, está ahora asfaltada con una mezcla de cemento, arena, gravilla y un 28% de plástico triturado y fundido. La fórmula se había probado primero en un laboratorio de Honduras para comprobar su resistencia al peso y al clima. El proyecto empleó 80.000 botellas para asfaltar una franja de 91 metros de longitud. Luego se comenzó a asfaltar el acceso a la calle Lozano. Cada martes y jueves se recogía el plástico de las playas y del centro de reciclaje, se tritura para formar bolas y se llevaba a la obra en enormes bolsas negras (p. 3).

También se dio a conocer que en su mayoría el plástico encontrado en las Islas de la Bahía, proviene de 13 municipios y cuatro hospitales que arrojan sus desperdicios al río Motagua y este desemboca en el océano Atlántico.



**Ilustración 15. Calle elaborada con la utilización de plástico reciclado**

Fuente: (La Silla Rota, 2018)



**Ilustración 16. Desechos de plástico flotando en las Islas de la Bahía**

Fuente: (La Silla Rota, 2018)

El alcalde Borden expresa "Mi objetivo es reducir un poco la contaminación que causan en nuestro hermoso archipiélago" (La Silla Rota, 2018, p.3) y menciona que seguirán haciendo más construcciones con el plástico reciclado.

### 3.1.2.2 Uso de PET para la construcción de casas en la zona del Triunfo de la Cruz.

Triunfo de la cruz, Honduras

Este proyecto es traído a Honduras por parte de canadienses esta organización está conformada por voluntarios extranjeros y estudiantes universitarios que desean apoyar con su trabajo para brindar ayuda a personas de escasos recursos enseñando nuevas formas de reciclaje. "Con la participación de las familias y estudiantes de Quebec, construir una casa ecológica en 14 días y equiparla con una turbina de viento para dar un hogar a una familia que lo necesita" (Gairfonda , 2016). Como se logra ver en la ilustración 17 se están construyendo las casas y se deja una turbina de viento.



**Ilustración 17. Construcción de casa con plástico**

Fuente: (Gairfonda , 2016)

Gairfonda, (2016) expresa que:

**Costes:** La casa construida a partir de botellas de plástico cuesta un tercio de una casa de concreto y será más duradera.

**Resistencia:** La arena compactada en una botella es 20 veces más fuerte que el ladrillo y el barro es más resistente a los terremotos que el cemento.

**Comodidad:** La arena contenida en las botellas es un aislante térmico natural porque hace que estas casas sean frescas y bien adaptadas al clima, también es un aislamiento acústico gracias a los gruesos muros (p. 2).

Como lo menciona Garifonda este método de construcción tiene sus grandes beneficios como ser buena resistencia, menor costo y su aislamiento térmico es bastante bueno lo cual es agradable para las familias ya que en Honduras se tienen altas temperaturas.

### 3.1.3 ANÁLISIS DE MICROENTORNO

Como siguiente tema se dan a conocer el contenido de investigaciones realizados en UNITEC San Pedro Sula, con el fin de tomar como guía proyectos, que al igual que este, utilizan material de sustitución o reciclados para componentes de un producto final utilizado en la construcción dentro de nuestro país.

**Tabla 4. Análisis Interno**

Tema	Objetivo	Resultado
Estudio del Comportamiento a Cortante y Compresión en el Concreto Hidráulico con Residuos de Plástico	Analizar el comportamiento a cortante y compresión en el concreto hidráulico con residuos de plástico triturados.	La adición del 10% de plástico no afectó el comportamiento a cortante pero las mezclas con 20% y 30% de plástico si presentaron una reducción en la resistencia a cortante.
Análisis del comportamiento del concreto hidráulico con fibras de coco	Determinar el efecto que genera el uso de las fibras de coco en el comportamiento del concreto hidráulico en tensión y compresión.	La fibra de coco aporta al concreto hidráulico un mejor comportamiento cuando son sometidos a flexión, teorías comprobadas al realizar múltiples ensayos de la resistencia a la flexión de todas las diferentes muestras.

Fuente: Propia

#### 3.1.3.1 Uso del concreto reciclado como agregados.

Análisis de las propiedades mecánicas y estudio de prefactibilidad del concreto reciclado, UNITEC. Este proyecto fue presentado por alumnos de UNITEC el año 2019, hicieron una investigación bastante interesante ya que en Honduras no se hace nada con los escombros luego de una construcción o de una demolición. "La investigación en cuestión analizó las propiedades físicas y

mecánicas de un agregado grueso reciclado proveniente de partículas de adoquines, testigos y escombros de concreto triturado mediante una trituradora de impacto, bajo las normas de diseño del ACI y ASTM” (Flores, Villafranca, & Reconco, 2019).

Honduras como es un país que carece de estudios en estos temas no tiene un proceso para poder reciclar el concreto desperdiciado. Por eso es importante que alumnos como los de UNITEC brinden apoyo con más investigaciones. Flores, Villafranca, & Reconco, (2019) expresan:

En la actualidad Honduras carece de estudios sobre como ejecutar un proceso de reciclaje de concreto hidráulico. Dicho lo anterior, la elaboración de una investigación que compruebe que el uso de los RCD como un porcentaje del agregado grueso para una nueva mezcla de concreto hidráulico es viable, sin duda alguna será de gran beneficio e interés en el medio. Por otra parte, dándole un uso a los desperdicios de construcción, se estará mitigando la contaminación que estos producen. Adicionalmente, el reciclado de concreto hidráulico brinda un aporte económico en la producción de productos derivados que cumplen con los requerimientos de diseño. En último lugar, se reducirán los crecientes costos de acarreo que se genera al transportar los residuos.

(p. 125).

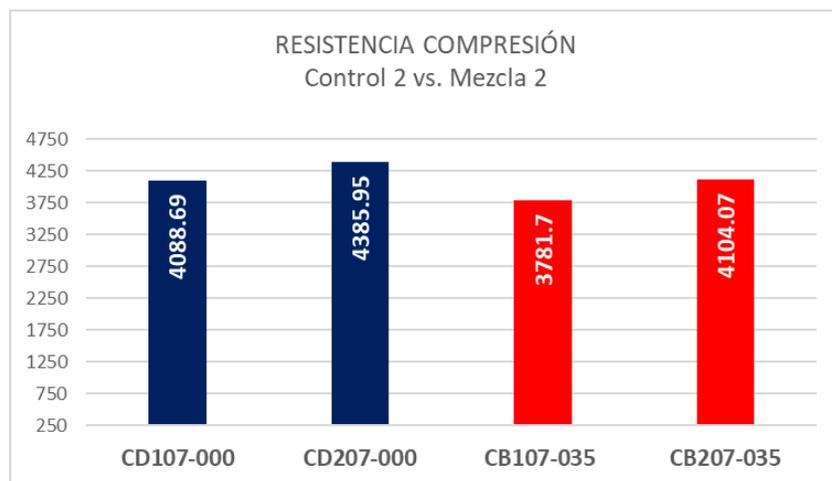
Como se puede observar el implemento de esta investigación en la vida cotidiana es algo positivo para la construcción. Se hicieron testigos para poder hacer las pruebas de compresión y realizar comparaciones con testigos de control.



**Ilustración 18. Prueba a compresión de testigo**

Fuente: (Flores, Villafranca, & Reconco, 2019)

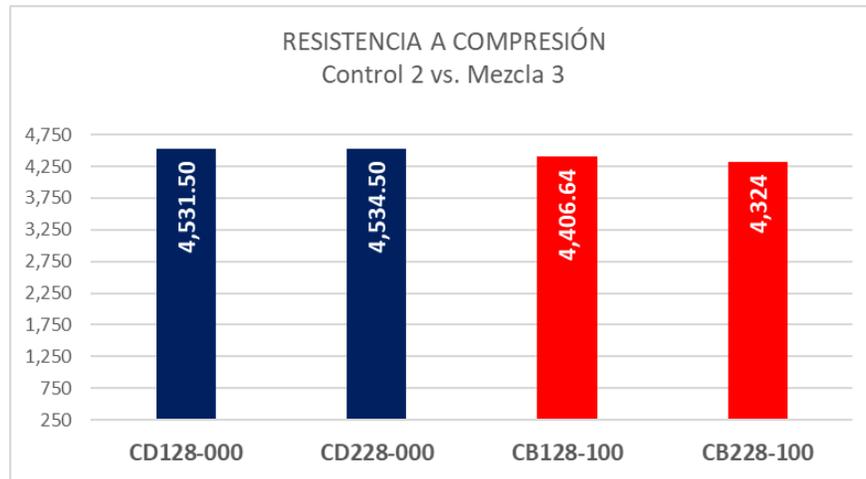
Como se puede ver en la ilustración 18 el testigo se mira como un testigo común y corriente al momento de fisurarse. Para poder tener una mejor idea de cómo iba el proceso de las pruebas los estudiantes realizaron graficas comparativas.



**Ilustración 19. Gráfica comparativa de testigos a compresión a 7 días**

Fuente: (Flores, Villafranca, & Reconco, 2019).

El último dato se tomó a 28 días y realizaron pruebas de compresión. Al ver la ilustración con las gráficas se logró notar que la investigación es de mucha importancia ya que se puede reutilizar y reciclar ese material.



**Ilustración 20. Grafica comparativas de testigos a compresión a 7 días**

Fuente: (Flores, Villafranca, & Reconco, 2019)

“La mezcla control alcanzó un promedio de 4,682.85 Psi y 3,987.71 Psi para la mezcla 3 con una diferencia de 695 Psi” (Flores, Villafranca, & Reconco, 2019).

### 3.1.3.2 Diseño de mezcla asfáltica con polímeros reciclados

Este grupo de estudiantes de UNITEC realizaron una investigación de incluir el PET en las mezclas asfálticas. “Debido a la incorporación de contaminantes plásticos al ambiente y al crecimiento vial del país se decidió estudiar la factibilidad de la incorporación de residuos del reciclaje plástico en la mezcla asfáltica” (Moran, Ramos, & Hawith, 2018). La investigación la llevaron a cabo en la constructora PRODECON. “Proporcionaron los equipos y materiales necesarios para la elaboración de muestras validas según las normas AASHTO” mencionó (Moran, Ramos, & Hawith, 2018, p. 28).

El objetivo de esta investigación es “Evaluar el efecto que tiene la sustitución de un porcentaje de bitumen con polímeros reciclados disponibles en Honduras en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico típico de la zona” según (Moran, Ramos, & Hawith, 2018, p. 12).

Por las pocas investigaciones que se dan en Honduras Morán, Ramos, & Hawith, (2018). aclaran:

Actualmente en Honduras no se cuenta con un estudio de asfalto modificado. Un estudio de asfalto modificado utilizando polímeros reciclados representaría un gran beneficio para el país. Mediante el estudio del comportamiento de las mezclas asfálticas más comunes de la zona con la incorporación de polímeros reciclados, se podrá determinar si esta es una alternativa viable para la incorporación en el país. Si esta fuese una alternativa viable, representaría un ahorro económico en la construcción de vías de comunicación. Al estar utilizando polímeros reciclados, se estará combatiendo el gran problema mundial de la contaminación, encontrándole un uso a esos desperdicios que usualmente terminan en botaderos o en el mar. De igual manera dejarle saber a la población de este tipo de investigaciones y proyectos ayudaría a fomentar la consciencia social y ecológica del país.

La reutilización del plástico en la construcción es algo importante por su larga durabilidad y es el principal problema de la contaminación en el mundo.

**Tabla 5. Tabla de resumen de resultados**

	<b>3%</b>	<b>6%</b>	<b>9%</b>	<b>12%</b>	<b>15%</b>
<b>Va</b>	49.3%	51.8%	74.1%	71.6%	83.3%
<b>Estabilidad</b>	-2.5%	-13.6%	-23.7%	-16.7%	-17.9%
<b>VMA</b>	10.42%	13.61%	17.88%	18.93%	19.52%
<b>Flujo</b>	22.2%	40.7%	77.8%	59.3%	74.1%

Fuente: (Moran, Ramos, & Hawith, 2018)

Al utilizar estos porcentajes se conocieron cómo reaccionan varios detalles del asfalto. Sobre la tabla 4 Morán, Ramos, & Hawith, (2018) concluyeron que:

La sustitución de un porcentaje de bitumen por Polímero A (PET) en una mezcla asfáltica aumenta el porcentaje de vacíos (Va), porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA) y el flujo con respecto a una mezcla convencional. La sustitución disminuye la estabilidad con respecto a una mezcla convencional.

Lo cual hace que en realidad no se encontrara el porcentaje adecuado. Sobre esto Morán, Ramos, & Hawith, (2018). comento:

No se encontró un porcentaje óptimo de sustitución, no obstante, se encontró una leve mejora en la adición de polímero A la mezcla con 0.5% de PET y esta cumple con los parámetros de una mezcla asfáltica para tráfico pesado a excepción del flujo.

Siempre se podrá utilizar este método, pero lo que recomienda Morán, Ramos, & Hawith, (2018) es:

Se puede observar en los resultados que todas las mezclas obtuvieron una estabilidad a 2600 lb, siendo 2810 lb el criterio aceptable. Se puede observar que no es mucha la diferencia entre estos valores, en base a estos se ha recomendado realizar el estudio para tráfico mediano y liviano. De tal manera la mezcla realizada con sustitución podría ser aplicada en las siguientes áreas:

1. Zonas Residenciales
2. Carreteras Secundarias
3. Carreteras Vecinales
4. Pasajes en zonas rurales
5. Ciclovías
6. Parqueos comerciales
7. Parques"

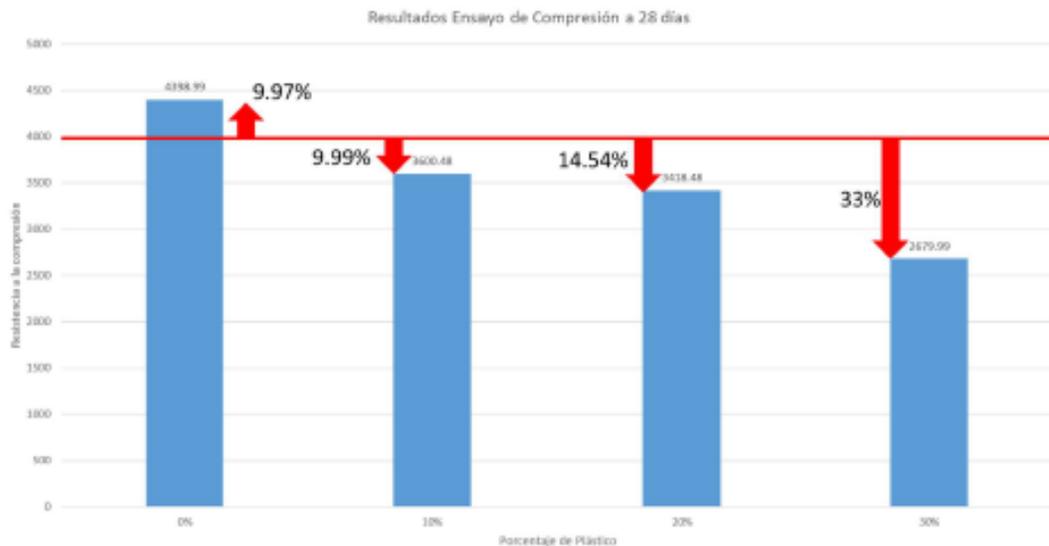
Dado a lo investigado este es otro claro ejemplo de que estas investigaciones realizadas por UNITEC brindan bastante información útil para futuras construcciones.

### 3.1.3.3 Análisis a cortante y compresión en concreto con residuos de plástico.

Este estudio se realizó para saber cómo sería afectado el concreto hidráulico al adicionarle PET. “En la presente investigación se realizó un estudio de las propiedades mecánicas del concreto con residuos de plástico, a modo de buscar una alternativa a la gran contaminación que genera el plástico en Honduras, ya que no se cuenta con las suficientes plantas de reciclaje” (David, Landa, & Moreno, 2018).

El propósito de esta investigación es poder tener una manera adicional para poder reciclar el plástico, buscando una manera factible. Según David, Landa, & Moreno, (2018) el propósito de este proyecto es:

La presente investigación se realiza porque se percibió una necesidad real que presenta una posibilidad de ubicar este estudio en empresas para ayudar en proyectos desarrollados en la obtención de mejor calidad de infraestructura y a un precio significativamente menor. Este proyecto contribuye a todas aquellas empresas constructoras para innovar sus procesos constructivos. Con esta investigación se contribuye académicamente a la generación de nuevos conocimientos, modelos y conceptos de aplicación de normas, así como el desarrollo de una investigación sistematizada cuyos resultados pueden llegar a convertirse en antecedente para la intervención a empresas sobre este tipo de áreas de conocimiento. Además de enriquecer los conocimientos e innovar en las tecnologías de construcción, se ayuda al medio ambiente ya que se utiliza un producto que es considerando un desperdicio en las plantas de reciclaje de plásticos en la ciudad.



**Ilustración 21. Ensayo a compresión a 28 días de concreto con plástico**

Fuente: (David, Landa, & Moreno, 2018)



**Ilustración 22. Cilindro Mezcla con 30% plástico**

Fuente: (David, Landa, & Moreno, 2018)

Al finalizar con el proyecto concluyeron que el 10 % de plástico en la mezcla es la mejor solución. "Se concluye que al utilizar 10% de plástico en sustitución de la arena y realizar la corrección de humedad se cumple con la resistencia de diseño  $f'c$  4000 psi, pero en comparación con la mezcla control se observa un decremento del 6.28%" (David, Landa, & Moreno, 2018).

### **3.2 TEORÍA DEL SUSTENTO**

Una vez ya definido el Análisis del Macroentorno, Microentorno y Análisis Interno se prosigue con la determinación y enlistado de las Teorías de Sustento. El propósito de dichas Teorías de Sustento es el de tener una fuente confiable y legal de las múltiples pruebas que se realizarán para la investigación. Gracias a estas Teorías de Sustento siguiendo sus normas se disminuye la probabilidad de cometer algún error y al mismo tiempo se cumple con los estándares Internacionales ya establecidos.

### 3.2.1 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PARA BLOQUES (ACI 211.3)

Esta norma brinda una ayuda para poder hacer mezclas para los bloques de concreto. El concreto debe ser colocado utilizando la cantidad mínima de agua de mezcla consistente con requisitos de mezcla, colocación, consolidación y acabado. Esto tendrá una influencia favorable en la fuerza, Durabilidad, y otras propiedades físicas.

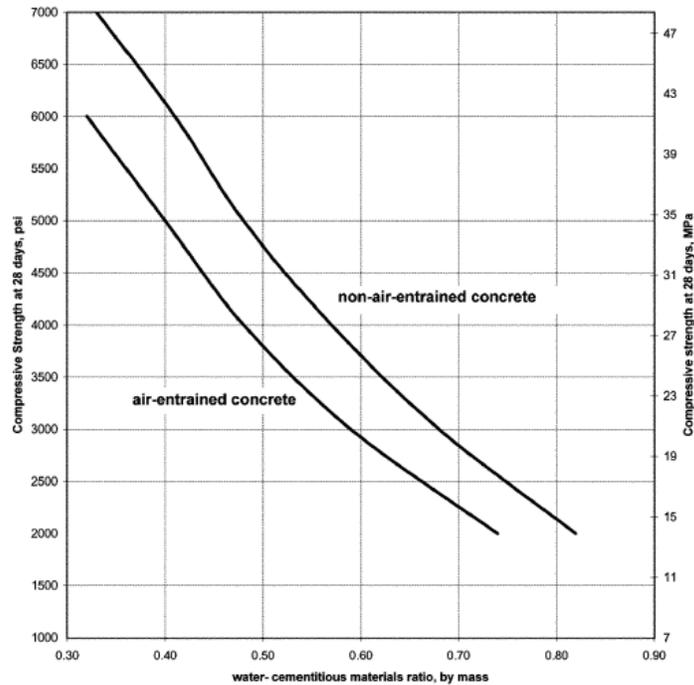
El tamaño máximo nominal del agregado a seleccionar para un tipo particular de construcción es dictado principalmente por consideración tanto de la dimensión mínima de una sección y el espacio libre mínimo entre las barras de refuerzo, tendones pretensados, conductos para los tendones postensados, u otros elementos. Sin embargo, esto no excluye el uso de tamaños más pequeños, si están disponibles y su uso sería dar como resultado una fuerza igual o mayor se pueden utilizar.

La cantidad de agua por unidad de volumen de hormigón requerido para producir una mezcla de la consistencia deseada es indicada por el tamaño máximo, la forma de las partículas, la clasificación del agregado, y la cantidad de aire arrastrado. Es relativamente afectado por la cantidad de material de cemento por debajo de unos 360 a 309 kg / m<sup>3</sup>. En mezclas más ricas que éstas, requisitos de agua de mezcla pueden aumentar significativamente como se incrementan los contenidos de los materiales cementosos.

Consistency description	Approximate relative water content, %	
	Thaulow <sup>5</sup>	Table 6.3.3, ACI 211.1
Extremely dry	78	—
Very stiff	83	—
Stiff	88	—
Stiff plastic	93	92
Plastic	100	100
Very plastic	106	106

**Ilustración 23. Cantidad de agua aproximado para distintas consistencias**

Fuente: Norma ACI 211.3



**Ilustración 24. Diferencia de agua para concreto con aire y sin aire**

Fuente: Norma ACI 211.3

### 3.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MÍNIMO 1000 LBS/PLG2 (ASTM C-90-85)

La función del control de calidad de las unidades de mampostería es verificar, mediante pruebas normadas el cumplimiento de la norma ASTM C 90-85. Las principales características que determinan la calidad de los bloques de concreto están determinadas por la norma ASTM C 90-85, dichas características son la resistencia a la compresión, la absorción y el contenido de humedad.

Esta norma es específicamente de los bloques de concreto. Dentro de esta norma se cubren bloques de concreto huecos y sólidos en esta norma las clasificaciones de peso se dividen en peso ligero (menos peso seco del concreto de 105 lb / pies cúbicos), peso medio (105 a menos) más de 125 lb / cu ft) y peso normal (125 lb / cu ft o más). Unidad de peso es importante ya que afecta la absorción de agua, absorción de sonido, transmisión de sonido, térmica y resistencia al fuego.

No hay requisitos predeterminados en ASTM C90, por lo que el especificador debe designar el tipo de unidad y la clasificación de peso si estas propiedades son importantes para el diseño. Las

tolerancias de tamaño y los límites de viruta y agrietamiento están cubiertos en texto de la norma. Estos requisitos son más liberales que los de la arcilla debido a la naturaleza del material y al método de fabricación.

Para unidades arquitectónicas expuestas, como caras divididas, acanaladas o caras de suelo unidas, estos requisitos pueden no ser apropiados. Las unidades en bruto pueden requerir tolerancias mayores y unidades de superficie del suelo más ajustadas. Para tales productos, puede ser más apropiado consultar a los fabricantes locales. El color no está cubierto en esta norma, por lo que el especificador debe designar el color deseado especificando un producto.

G R A D O	Resistencia mínima de ruptura a la Compresión en kg/cm <sup>2</sup>	
	Promedio de área gruesa.	
	Promedio de 3 unidades.	Unidad individual.
	N-I	70.42
N-II		
S-I	49.30	42.20
S-II		

**Ilustración 25. Resistencia mínima de ruptura a la compresión**

Fuente: Norma ASTM C90-85

La absorción permitida está relacionada con el peso volumétrico de los bloques secados al horno, siendo mayor la absorción permitida en los bloques de menor peso volumétrico seco, y menor en los bloques de mayor peso volumétrico seco.

G R A D O	Máxima absorción de agua. ( Lbs/pie <sup>3</sup> o kg/m <sup>3</sup> ) Promedio de 3 unidades.			
	CLASIFICACION POR PESO.			
	Peso Ligero.		Peso Mediano.	Peso Normal.
	Menor que 85 (1362)	Menor que 105 (1682)	Menor que 125 a 105 (2002 a 1682)	125 (2002 o mas)
N-I		18 (288)	15 (240)	13 (208)
N-II				
S-I	20 (320)			
S-II				

**Ilustración 26. Mínima Absorción del Agua**

Fuente: Norma ASTM 90-85

% de Contracción Lineal	Contenido máximo de humedad. % total Absorción total (promedio de 3 unidades)		
	Condiciones de humedad del sitio de trabajo o lugar de uso		
	Humedad a /	Intermedio b /	Árido c /
0.03 o menos	45	40	35
de 0.03 a 0.045	40	35	30
de 0.045 a 0.065 máx.	35	30	25

**Ilustración 27. Contenido de humedad %**

Fuente: ASTM 90-85

### 3.2.3 MUESTREO Y PRUEBA DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO (ASTM C-140)

La norma ASTM C-140 brinda una serie de ensayos a unidades fabricadas en concreto, como lo son los bloques de mampostería. Entre los ensayos que se especifican en esta norma se encuentran la medición de dimensión, la resistencia a la compresión, la absorción y área neta, entre otros. No todos los ensayos son aplicables a todos los especímenes de concreto. Este documento se enfoca en el ensayo de absorción.

La norma ASTM C-140 también especifica que si un espécimen es muy grande para la máquina de compresión este debe ser cortado con una sierra de manera que sea una cortada limpia. Al momento de cortar este bloque debe ser exactamente en el centro y no debe quedar bien uniforme todo el borde del corte.

Al momento que se realiza la prueba de compresión la maquinaria debe tener muy claro los números de lectura. También la precisión de la máquina tiene que ser revisada por lo menos una vez al año. Esto tiene que realizarse ya que la máquina siempre debe presentar un error de +- 1.0%

### 3.2.4 ESPECIFICACIÓN NORMALIZADA DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C-33)

Esta especificación define los requisitos para la clasificación y la calidad de áridos gruesos y finos (distintos del peso ligero o el agregado de peso pesado) para uso en concreto.

Esta norma es para uso del proveedor de concreto u otro comprador como parte del documento de compra que describe el material que se debe suministrar.

Se considera adecuada para garantizar materiales de satisfacción para la mayoría de los concretos. Se reconoce que, para ciertos trabajos o en ciertas regiones, puede ser más o menos restrictivo de lo necesario. Por ejemplo, donde la estética es importante, se pueden considerar límites más restrictivos con respecto a las impurezas que mancharían la superficie del concreto.

Se debe de determinar que los agregados especificados están o pueden estar disponibles en el área del trabajo, con respecto a la clasificación, las propiedades físicas, las propiedades de las sustancias o sus combinaciones.

Esta especificación también se usa en la especificación del proyecto para definir la calidad del agregado, el tamaño máximo nominal del agregado y otros requisitos de calificación específicos. Los responsables de seleccionar las proporciones para la mezcla concreta tendrán la responsabilidad de determinar las proporciones de agregado fino y de agregado grueso.

### 3.2.5 COLORIMETRÍA (ASTM C-40)

La colorimetría es un ensayo cuyo fin es el de poder encontrar presencia de materia orgánica en los agregados finos ya que estas impurezas afectan la mezcla de concreto como lo son la resistencia, durabilidad y fraguado. Por eso la colorimetría ayuda a determinar si un suelo está limpio para ser usado para hacer concreto.

Sinha, (2016) Afirma:

En agregados se pueden encontrar algunas sustancias como lo es la materia orgánica, las cuales si se encuentran en grandes cantidades afectan o dañan algunas propiedades del concreto como lo son el tiempo de fraguado, resistencia y durabilidad. De aquí proviene la importancia de detectar este tipo de materia, saber cómo actúan y hasta que cantidad se pueden tolerar.

La presencia orgánica hace que interfieran las reacciones químicas de hidratación del concreto en el proceso de fraguado, haciendo que este se prolongue por más tiempo. Y si esto ocurre significa que tiene menos durabilidad y resistencia.

Además de hacerle daño al concreto también causa daño a otros elementos tales como el acero ya que la presencia orgánica en el acero puede causar corrosión y esto causa una disminución y déficit en las propiedades del acero.

Un procedimiento utiliza una solución de color estándar y el otro utiliza un estándar de color de vidrio. Los valores declarados en unidades SI o unidades de pulgada-libra se deben considerar por separado como estándar. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser equivalentes exactos; por lo tanto, cada sistema debe ser usado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en no conformidad con la norma.

Esta norma no pretende abordar todas las preocupaciones de seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

La Tarjeta o Tabla de Colores, corresponde a una tarjeta de colores que contiene cinco intensidades que van desde un ligero color amarillo hasta una coloración oscura. La más clara muestra que el agregado fino está limpio y la más oscura determina que el agregado fino tiene mucha materia orgánica.



**Ilustración 28. Ensayo de Colorimetría**

Fuente: Propia

### 3.2.6 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM C-136)

Se le conoce como granulometría a la medición de las partículas de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

El método de determinación granulométrico más sencillo es obtener los diámetros de las partículas al separarlas utilizando como filtro una serie de tamices de diámetro mayor a menor. Estos tamices determinan y clasifican los agregados gruesos de los finos. Todo lo que pasa el tamiz No. 4 se considera como un agregado fino y todo lo que se retiene se considera como un agregado grueso.

Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división de este en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que le sigue correlativamente.

La manera de representar los resultados que se han obtenido luego de un análisis mecánico puede ser de manera analítica o de manera gráfica.

El método analítico es cuando se utiliza tablas que muestran los diferentes tamaños de las partículas contra el porcentaje de agregado menor que ese tamaño.

El método gráfico hace uso de la curva semilogarítmica; en este método se toma los porcentajes de cada muestra que hubo en cada tamiz.

#### Módulo de Finura

Representa un tamaño promedio ponderado de la muestra de arena, pero no representa la distribución de las partículas. La norma ASTM lo incorpora en las regulaciones del agregado fino. Establece que la arena debe tener un módulo de finura no menor que 2,3 ni mayor que 3.1.

El módulo de finura se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100. Los tamices especificados que deben usarse en la determinación del módulo de finura son: No. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No. 8, No. 4",  $\frac{3}{4}$ ",  $1\frac{1}{2}$ ", 3" y de 6.

El módulo de finura se define como un factor empírico que se obtiene por la suma de los porcentajes totales de la muestra de arena, retenidos en cada uno de los tamices especificados y dividiendo la suma por 100.

#### Limitaciones

- Las partículas de menor tamaño se adhieren con las de mayor tamaño por lo que afecta la precisión de la granulometría.
- El número de tamices es limitado mientras las partículas tienen un número de tamaños ilimitados, ya que el tamaño de las partículas no son siempre las mismas, se toma una muestra donde los tamaños no se repiten, todos son diferentes.
- No proporciona información de la forma del grano.

#### 3.2.7 GRAVEDAD ESPECIFICA DE AGREGADOS GRUESOS (ASTM C-127)

La gravedad específica está definida como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4 grados centígrados. Se representa la Gravedad Específica por  $G_s$ , y también se puede calcular utilizando cualquier relación de peso de la sustancia a peso del agua siempre y cuando se consideren volúmenes iguales de material y agua.

Todos los agregados tienen un grado de porosidad esto significa que tienen un límite con la entrada de agua en los poros de los agregados ya sea cuando estos se colocan en una mezcla de concreto o si ya están húmedos justo antes de realizar dicha mezcla.

Por lo tanto, la definición cuidadosa de la gravedad específica debe tomar en cuenta tanto el peso como el volumen de la porción de agua contenida dentro de las partículas. El agua libre que se

encuentra sobre las superficies exteriores del agregado húmedo no entra en el cálculo de la gravedad específica.

Términos:

A= Peso de la muestra secada al horno

B= Peso de la muestra SSD

C= Peso de la muestra sumergida

Unidades en gramos.

Fórmulas de Gravedad Específica

### **Ecuación 1. Gravedad Específica Bulk Seca**

$$GEBS = \frac{A}{B - C}$$

### **Ecuación 2. Gravedad Específica Bulk SSD (Saturada con Superficie seca)**

$$GEBS = \frac{B}{B - C}$$

### **Ecuación 3. Gravedad específica aparente**

$$GE \text{ Aparente} = \frac{A}{A - C}$$

### **Ecuación 4. Porcentaje de Absorción**

$$\text{Porcentaje de Absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Los valores de gravedad específica tienen que estar dentro del rango de 2.4 a 2.9.



**Ilustración 29. Gravedad Específica**

Fuente: Estabilidad de Taludes.BlogSpot



**Ilustración 30. Tamizado Mecánico**

Fuente: Propia

### 3.2.8 GRAVEDAD ESPECIFICA DE AGREGADOS FINOS (ASTM C-128)

Este método de ensayo determina la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregados finos (sin incluir el volumen de los huecos entre las partículas), la densidad relativa (peso específico) y la absorción de los agregados finos. Dependiendo del procedimiento usado, la densidad en kg/m<sup>3</sup> (lb/ft<sup>3</sup>) es expresada como secada al horno (S), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. Igualmente, la densidad relativa (gravedad específica), cualidad sin dimensión, es expresada como secada al horno (S), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad (S) y la densidad relativa (S) se determinan después de secar los áridos. La densidad SSS, la densidad relativa SSS y la absorción se determinan después de sumergir los áridos en agua durante un tiempo determinado.

Este método de ensayo determina la densidad de la porción esencialmente sólida de una cantidad grande de partículas de áridos y proporciona un valor promedio representativo de la muestra. Se hace una distinción entre la densidad de las partículas de agregados, como lo determina este método de ensayo, y la Densidad a Granel de los agregados como lo determina el Método de Ensayo C 29/C 29M, que incluye el volumen de los huecos entre las partículas de los áridos.

Términos:

A= Peso al aire de la muestra seca al horno en gramos.

B= Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración.

C= Peso del picnómetro, con la muestra y el agua en gramos.

Fórmulas utilizadas:

#### **Ecuación 5. Peso Específico Bulk**

$$GE\ Bulk = \frac{A}{B + 500 - C}$$

### **Ecuación 6. Peso específico Bulk saturado con superficie seca**

$$GE_{sss} = \frac{500}{B + 500 - C}$$

### **Ecuación 7. Peso específico aparente**

$$GE_{Aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

### **Ecuación 8. Porcentaje de absorción**

$$Porcentaje\ de\ absorción = \frac{D - A}{A} \times 100$$

#### 3.2.9 PESO VOLUMÉTRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C-129)

Cuando se habla de concreto, se trata de una mezcla cuyo porcentaje de agregado es entre 50 y 80% de su volumen, por lo que es muy importante ya que gran parte de la resistencia y otras características dependen de las propiedades de los agregados, las cuales si no son estudiadas al momento de diseñar difícilmente se obtienen los resultados que se esperan.

Los agregados del concreto o agregados de la construcción son componentes derivados de la trituración natural o artificial de diversas piedras, y pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra. Junto con el agua y el cemento, conforman el trío de ingredientes necesarios para la fabricación de concreto.

El peso volumétrico es uno de los muchos estudios que se realizan a los agregados. El peso volumétrico es la relación del peso de la masa de suelos entre su volumen de masa. Cuando se habla de peso volumétrico, puede ser suelto o compactado. El peso volumétrico suelto es cuando

la muestra de grava o arena solo se dejó caer en el recipiente, el peso volumétrico compactado es cuando la muestra de arena o grava que se depositó en el recipiente sufre un proceso de compactación con el objetivo de eliminar los vacíos.

Para determinar el Peso Volumétrico de los agregados se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación 9. Peso Volumétrico de los Agregados**

$$PV = \frac{W}{V}$$

Donde; W es el peso del agregado el cual está en el recipiente, molde o cubeta y V e el volumen del recipiente. Al dividir se obtiene el peso del agregado que tiene en un pie cúbico.

Al obtener el dato del peso volumétrico del concreto, los usos que se le pueden dar son:

- 1) En el cálculo de los vacíos en el agregado
- 2) Como índice de calidad para clasificar el agregado como regular, ligero o pesado.
- 3) En el diseño de mezclas de concreto.

“Los yacimientos de agregados comúnmente son localizados en ríos, lagos, lechos marinos, cerros a partir de una exploración de las formaciones geológicas, y una vez localizados se realiza una exploración mecánica con equipos de barrenación para realizar un muestreo” (Sinha, 2016)

Cuando se habla de agregados que son extraídos de ríos, lagos, lechos marinos, cerros o cualquier fuente natural de agregado, se les llaman agregados naturales.

Los agregados naturales son aquellos de la explotación de fuentes naturales, pueden usarse tal como se hallen o variando la distribución de tamaños de sus partículas, si ello se requiere. Todas las partículas que provienen de los agregados tienen su origen en una masa mayor fragmentado por procesos naturales como intemperismo y abrasión, o mediante la trituración mecánica realizada por el hombre, por lo que gran parte de sus características vienen dadas por la roca madre que le dio su origen.



**Ilustración 31. Ejemplo de ensayo de peso Volumétrico**

Fuente: Propia

### **3.3 MARCO CONCEPTUAL**

A continuación, se definen algunos de los términos y lenguaje técnico pertinente a la investigación para el entendimiento adecuado de los lectores de este estudio:

#### 1) Cemento Tipo 1

Según Sodimac, (2017):

El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales y se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado (p. 7).

#### 2) Agregados

Como menciona Arquigrafico, (2016):

Los agregados del concreto o agregados de la construcción son componentes derivados de la trituración natural o artificial de diversas piedras, y pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra. Junto con el agua y el cemento, conforman el trío de ingredientes necesarios para la fabricación de concreto (p. 2)

#### 3) Agregado grueso, grava o gravilla

“Piedra o roca machacada o triturada, cuyos elementos tienen un grosor de unos diez milímetros”  
(Farlex, 2016, p. 10)

#### 4) Agregado Fino o Arena

“Material pasante de la malla No. 4 y retenido en la malla No. 200, con tamaños entre 4.76 mm y 74 Mieras (0.07 mm)” (Gutiérrez de López, 2003, p. 1).

#### 5) Tereftalato de polietileno (PET)

Según LSB, (2011):

Polietileno Tereftalato, más conocido como PET, es un poliéster que forma parte de la familia de los plásticos termo formables (o termoplásticos) fácilmente moldeables cuando se le aplica el nivel de temperatura correspondiente. Por este motivo el PET puede adaptarse a cualquier forma y diseño, además de contar con un gran potencial de aplicaciones.

Actualmente es la principal materia prima para la producción de envases de agua mineral, bebidas carbónicas y aceites, el PET se está consolidando en innovadoras aplicaciones para el sector de alimentación, así como en productos de limpieza, cosméticos y farmacia (p. 2).

#### 6) Agua

“Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares, ocupa las tres cuartas partes del planeta Tierra y forma parte de los seres vivos; está constituida por hidrógeno y oxígeno” (ARKIPLUS, 2019, p.1)

#### 7) Aditivo

“Los aditivos son productos que se adicionan en pequeña proporción al concreto durante el mezclado en porcentajes entre 0.1% y 5% del peso del cemento, con el propósito de producir una modificación en algunas de sus propiedades originales” (Deluxe templates, 2009, p. 2)

#### 8) Bloque Normal

Como afirma Construpedia, (2018):

El Bloque de Hormigón es un paralelepípedo rectangular prefabricado con numerosas celdas de paredes delgadas, que los convierten en piezas fáciles de maniobrar en obra y muy aislantes.

Se elaboran a partir de Morteros y Hormigones de consistencia seca (de Árido pequeño) comprimiéndolos y haciéndolos vibrar en moldes metálicos (p. 2)

#### 9) Bloque para muro armado

“Bloque de hormigón para muro armado reside en la posibilidad de armar verticalmente a través de sus grandes huecos, realizándose auténticas pilastras de hormigón armado envueltas de la pieza del bloque que actúa como encofrado” (Construpedia, 2018, p. 2).

#### 10) Bloque de carga

“Bloque ladrillo para construcción, con canales que les dan firmeza y solidez a las estructuras” (Ardisa, 2015, p. 2)

#### 11) Cuarteo

Según afirma Anónimo (2015):

Cuarteo a los áridos. Serie de ensayos que se le realizan a los áridos que se utilizan en las construcciones, y al terreno donde se asientan, para determinar si cumplen o no las especificaciones de calidad que aparecen en las normas técnicas y que deciden su utilización en las obras (p. 3).

#### 12) Tamizado

“El tamizado es un proceso mecánico mediante el cual se separan partículas sólidas de diferente tamaño al pasarlas por un tamiz. Un tamiz es una herramienta que tiene a lo largo de toda su superficie generalmente de igual tamaño” (Bolívar, 2006, p.1)

#### 13) Granulometría

“Granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado, tal como se determina por análisis de tamices” (Anónimo, 2015, p.3)

#### 14) Gravedad específica

“La gravedad específica es una comparación de la densidad de una sustancia con la densidad del agua” (Física net, 2015, p. 2)

#### 15) Peso volumétrico

“Es lo que comúnmente conocemos como peso específico absoluto de un suelo, es el peso de la masa de suelo por unidad de volumen y se expresa en toneladas por metro cúbico, gramos por centímetro cúbico, etc.” (Ingenierita, 2012, p.2)

#### 16) Colorimetría

"Este método de ensayo describe el procedimiento para una determinación aproximada de la presencia de compuestos orgánicos perjudiciales en arenas naturales que deben emplearse en hormigones o morteros de cemento" (Zarepta, 2013, p.1)

#### 17) Módulo de Finura

Según Gutierrez de Lopez, (2003):

Es un valor que permite estimar el grosor o finura de un material; se define como la centésima parte del número obtenido al sumar los porcentajes retenidos acumulados en los siguientes tamices empleados al efectuar un análisis granulométrico: No. 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", 3/4", 1 1/2" y los tamices siguientes cuya relación de abertura sea 1 a 2. (p. 19)

#### 18) Probetas Estándar

Como lo afirma ARQHYS, (2012):

Son cilindros con una altura del doble del diámetro. Para el concreto con agregado de tamaño máximo no mayor de 2 pulgadas es tamaño normal del cilindro es de 6 por 12 pulgadas; para el concreto que contenga agregados de tamaño máximo hasta de 21.2 pulgadas se usa un cilindro de 8 por 16 pulgadas. (p. 15)

#### 19) Sodio Cáustico

"Es una sustancia química compuesta por sodio, hidrógeno y oxígeno altamente corrosiva cuya fórmula es NaOH y utilizado para realizar la prueba de colorimetría en la arena" (Ando, 2014, p.1)

#### 20) Contenido de humedad

"Contenido de agua del terreno que permite obtener una densidad máxima mediante su compactación." (Parro, 2019, p. 2)

#### 21) Porcentaje de Absorción

"La cantidad de agua absorbida estima la porosidad de las partículas de agregado. Conocer la cantidad de agua que puede ser alojada por el agregado siempre resulta de mucha utilidad, en

ocasiones se emplea como un valor que se especifica para aprobar o rechazar el agregado en una cierta aplicación.” (Deluxe, 2018, p. 2).

## 22) Cemento HE

“El cemento tipo HE proporciona alta resistencia en edades tempranas, usualmente menos de una semana. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo III.” (Coronel, 2016, p. 1).

### **3.4 MARCO LEGAL**

#### 3.4.1 LEY GENERAL DEL AMBIENTE

##### TÍTULO I

##### · PRINCIPIOS Y OBJETIVOS

##### CAPÍTULO I

##### · PRINCIPIOS GENERALES

Artículo 1. La protección, conservación, restauración y manejo sostenible del ambiente y de los recursos naturales son de utilidad pública y de interés social.

El Gobierno Central y las municipalidades propiciarán la utilización racional y el manejo sostenible de esos recursos, a fin de permitir su preservación y aprovechamiento económico. El interés público y el bien común constituyen los fundamentos de toda acción en defensa del ambiente; por tanto, es deber del Estado a través de sus instancias técnico-administrativas y judiciales, cumplir y hacer cumplir las normas jurídicas relativas al ambiente.

Artículo 3. Los recursos naturales no renovables deben aprovecharse de modo que se prevenga su agotamiento y la generación de efectos ambientales negativos en el entorno. Los recursos naturales renovables deben ser aprovechados de acuerdo con sus funciones ecológicas, económicas y sociales en forma sostenible.

## CAPITULO II

### · OBJETIVOS

Artículo 9. Son objetivos específicos de la presente Ley:

e) Promover la participación de los ciudadanos en las actividades relacionadas con la protección, conservación, restauración y manejo adecuado del ambiente y de los recursos naturales.

f) Fomentar la educación e investigación ambiental para formar una conciencia ecológica en la población.

## CAPITULO III

### · EDUCACIÓN AMBIENTAL

Artículo 84. La Secretaría de Estado en el Despacho de Educación Pública, incorporará la educación ambiental a todo el Sistema Educativo Nacional a cuyo efecto reformará e innovará las estructuras académicas vigentes para el desarrollo de programas de extensión, estudio e investigación que ofrezcan propuestas de solución a los problemas ambientales de mayor impacto en el país. La Universidad Nacional Autónoma de Honduras, y las demás instituciones educativas de nivel superior, deberán estudiar la posibilidad de efectuar las adecuaciones para este fin.

## CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

Para la presente investigación se planteó una problemática muy importante alrededor del plástico y esto facilita la identificación de las preguntas de investigación necesarias para poder justificar la misma. Tomándose como principal referencia el marco teórico, este proporciona fundamentos a la investigación, la cual seguidamente se desarrolla mediante una metodología apropiada al tema que ayudará a cumplir de manera óptima los objetivos antes presentados.

### 4.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

El estudio de la operacionalización de las variables cuenta con variables pluridimensionales lo cual significa que toman información de tres o más características y su medida se limita a valores dentro de intervalos que se analizan posteriormente.

La Tabla #. Describe la operacionalización de las variables dependientes e independientes para esta investigación con sus respectivos objetivos y preguntas de investigación.

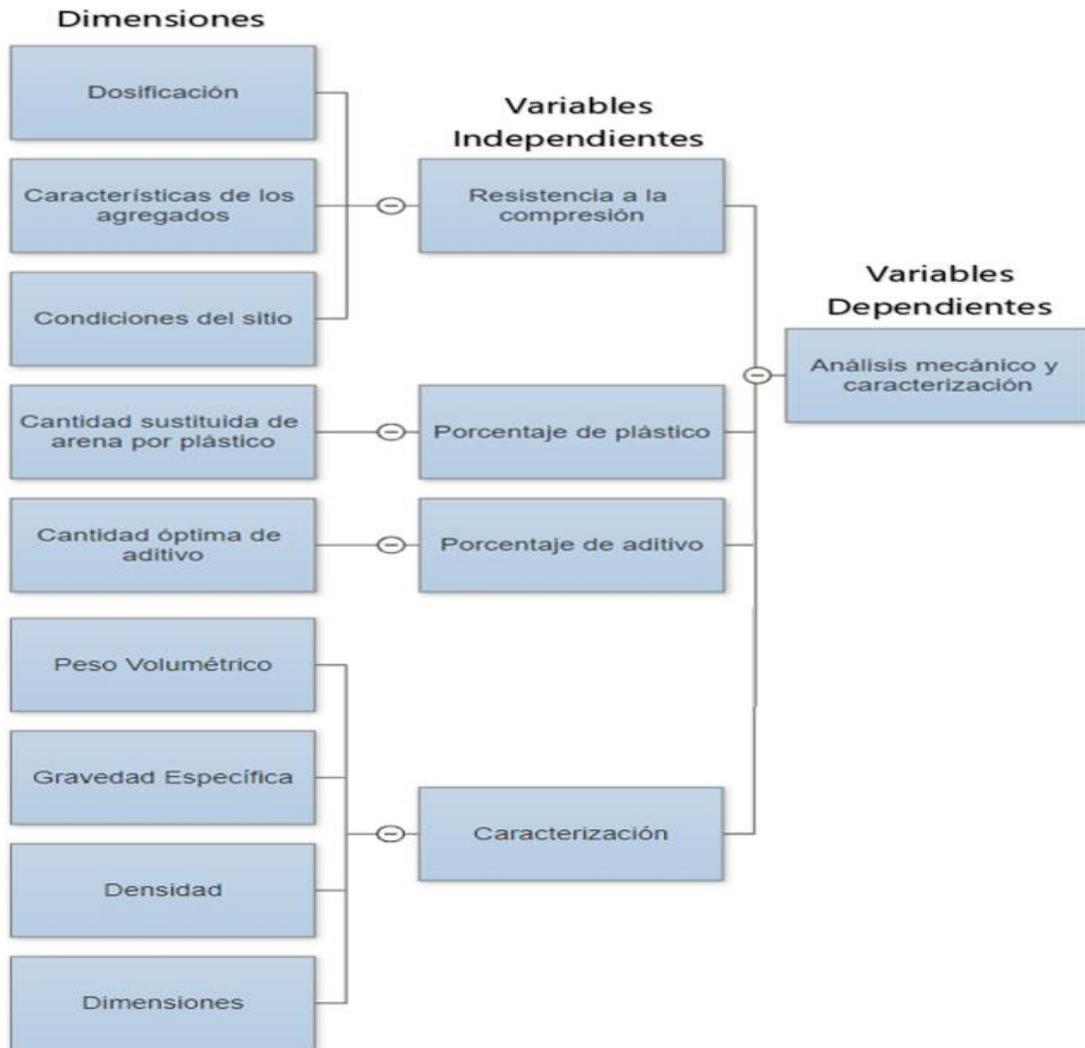
**Tabla 6. Operacionalización de las variables**

ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO CON LA UTILIZACIÓN DE POLÍMEROS RECICLABLES Y ADITIVO					
PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
¿Qué cambios mecánicos y físicos tendrían los bloques al sustituir la arena por el tereftalato de polietileno (PET) y aditivo y que tan factible sería económica y constructivamente?	Realizar el análisis de resistencia a la compresión y porcentaje de absorción a bloques huecos de hormigón que contengan polímeros reciclados y nanoaditivos, para reducir la contaminación ambiental y costos en la construcción.	1) ¿El bloque con sustitución parcial de tereftalato de polietileno con respecto a la arena muestra una mayor resistencia a la compresión que el bloque común?	1) Determinar la resistencia a la compresión del bloque con sustitución parcial de tereftalato de polietileno con respecto a la arena y el bloque común.	Resistencia a la compresión	Análisis mecánico y caracterización de los bloques
		2) ¿Cuáles son las diferencias en peso volumétrico y granulometría entre el tereftalato de polietileno (PET) y el agregado fino para la elaboración del bloque?	2) Comparar el peso volumétrico y la granulometría del tereftalato de polietileno y el agregado fino.	Porcentaje de plástico	
		3) ¿Cuáles son las diferencias en las características (Peso y Absorción) de los bloques con la utilización de PET y aditivo en comparación al bloque sin PET?	3) Obtener una comparación de las características de los bloques, tanto de peso como de absorción.	Cantidad del Tereftalato de polietileno en volumen	
		4) ¿Cuál será la dosificación óptima de tereftalato de polietileno (PET) y nano aditivos para la elaboración del bloque hueco de hormigón?	4) Establecer la dosificación adecuada de partículas de tereftalato de polietileno (PET) y nano aditivo.	Porcentaje de aditivo	
		5) En caso de obtener resultados positivos ¿Es más factible económicamente y constructivamente realizar bloques con la utilización de PET a los bloques utilizados comúnmente?	5) Comparar el costo de producción entre bloque con tereftalato de polietileno más nano aditivo y el bloque común.		

Fuente: Propia

#### 4.1.1 DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

En la Ilustración 32. Diagrama de Variables de Operacionalización se puede observar la correlación de las variables independientes y variables dependientes mostrando igualmente las dimensiones con las cuales estas serán medidas.



**Ilustración 32. Diagrama de Variables de Operacionalización**

Fuente: Propia

#### 4.1.2 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN

Seguidamente, la Tabla 6. describe de manera explícita la operacionalización de las variables, además de sus respectivas definiciones conceptuales y operacionales, dimensiones, e indicadores que dictan como medir las variables correctamente.

**Tabla 7. Tabla de Operacionalización**

Variable independiente	Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Items	Unidades
Resistencia a la compresión	Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente.	La resistencia a la compresión dependera de la dosificación de arena, grava, relación arena-cemento, tipo de cemento y cantidad de agregados.	Relación Agregado-Cemento	¿Cual es el Esfuerzo a compresión deseado?		psi
			Tipo de cemento utilizado	¿Que tipo de uso se tiene?		N/A
				¿Cual es el Entorno?		N/A
			Cantidad de agregados	¿Cual sera el Módulo de Finura		N/A
				¿Cual sera la Granulometría?		gr.
				¿Cual sera la Gravedad Específica?		N/A
				¿Cual sera el Peso Volumétrico?		kg/m <sup>3</sup>
Edad del bloque	¿Cual sera el tiempo para laruptura de los bloques?		días			
Porcentaje de plástico	El tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilentereftalato o polietileno tereftalato (más conocido por sus siglas en inglés PET, polyethylene terephthalate) es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles.	El plástico ideal para una mezcla de concreto óptima dependerá de el porcentaje de sustitución plástico-arena que se utilizará para la elaboracion de bloques y basados en sus análisis mecánicos.	Cantidad de arena sustituida por plastico	¿Que estudios previos se han realizado?		N/A
				¿Cual sera el porcentaje de sustitución a utilizar?		%
Cantidad de aditivo	Los aditivos son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones.	La cantidad óptima de aditivo a utilizar en la mezcla se determinará en base a la cantidad de agua necesaria para una mezcla de concreto y con el fin de reducir su cantidad de agua y al mismo tiempo ganar resistencia.	Cantidad de aditivo para obtener un beneficio en resistencia	¿Que volumen de aditivo se utilizara?		onz.
				¿Que estudios previos se han realizado?		N/A

Fuente: Propia

#### 4.1.3 HIPÓTESIS

Las hipótesis se obtienen a partir del planteamiento del problema o de resultados de estudios previamente realizados.

Según Hernández Sampieri, (2010) las hipótesis de investigación se definen como: "preposiciones tentativas acerca de las posibles relaciones entre dos o más variables" (pp. 96-97). Dado lo anterior, existen dos tipos de hipótesis: la hipótesis nula y la hipótesis alterna o de investigación.

#### 4.1.3.1 Hipótesis de Investigación

A continuación, se presentan las distintas hipótesis formuladas para la investigación:

H<sub>1</sub>= La sustitución de un 10% del contenido de arena por PET en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{C(BP10)}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{C(BC)}$ ).

$$F'_{C(BP10)} \geq F'_{C(BC)}$$

H<sub>2</sub>= La sustitución de un 20% del contenido de arena por PET en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{C(BP20)}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{C(BC)}$ ).

$$F'_{C(BP20)} \geq F'_{C(BC)}$$

H<sub>3</sub>= La sustitución de un 30% del contenido de arena por PET en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{C(BP30)}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{C(BC)}$ ).

$$F'_{C(BP30)} \geq F'_{C(BC)}$$

H<sub>4</sub>= La sustitución de un 10% del contenido de arena por PET y la utilización de aditivo en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{C(BP10+A)}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{C(BC)}$ ).

$$F'_{C(BP10+A)} \geq F'_{C(BC)}$$

H<sub>5</sub>= La sustitución de un 20% del contenido de arena por PET y la utilización de aditivo en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP20+A)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP20+A)}} \geq F'_{c_{BC}}$$

H<sub>6</sub>= La sustitución de un 30% del contenido de arena por PET y la utilización en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP30+A)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP30+A)}} \geq F'_{c_{BC}}$$

Hipótesis de características:

H<sub>7</sub>=El bloque con tereftalato de polietileno brinda un peso menor en comparación al bloque control.

$$\text{Peso (BP)} < \text{Peso (BC)}$$

H<sub>8</sub>=El bloque con tereftalato de polietileno tiene una menor absorción en comparación al bloque control.

$$\text{Absorción (BP)} < \text{Absorción (BC)}$$

H<sub>9</sub>=La dimensión inicial del bloque con PET es igual a la dimensión inicial del bloque control

$$\text{Dimensión (IBP)} = \text{Dimensión (IBC)}$$

H<sub>10</sub>=La dimensión final del bloque con PET es igual a la dimensión final del bloque control

$$\text{Dimensión (FBP)} = \text{Dimensión (FBC)}$$

#### 4.1.3.2 Hipótesis nula

En base a las hipótesis de investigación, surgen las hipótesis nulas en las cuales se intenta rechazar o anular los resultados alternativos. Se presentan a continuación:

H<sub>0-1</sub>= La sustitución de un 10% del contenido de arena por PET en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) menor a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP10)}} < F'_{c_{BC}}$$

H<sub>0-2</sub>= La sustitución de un 20% del contenido de arena por PET en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP20)}}$ ) menor a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP20)}} < F'_{c_{BC}}$$

H<sub>0-3</sub>= La sustitución de un 30% del contenido de arena por PET en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP30)}}$ ) menor a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP30)}} < F'_{c_{BC}}$$

H<sub>0-4</sub>= La sustitución de un 10% del contenido de arena por PET y la utilización de aditivo en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10+A)}}$ ) menor a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP10+A)}} < F'_{c_{BC}}$$

H<sub>0-5</sub>= La sustitución de un 20% del contenido de arena por PET y la utilización de aditivo en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP20+A)}}$ ) menor a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP20+A)}} < F'_{c_{BC}}$$

H<sub>0-6</sub>= La sustitución de un 30% del contenido de arena por PET y la utilización de aditivo en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP30+A)}}$ ) menor a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP30+A)}} < F'_{c_{BC}}$$

Hipótesis de características:

H<sub>0-7</sub>= El bloque con tereftalato de polietileno brinda un peso mayor o igual al bloque control.

$$\text{Peso (BP)} \geq \text{Peso (BC)}$$

H<sub>0-8</sub>= El bloque con tereftalato de polietileno tiene una mayor o igual absorción al bloque control.

$$\text{Absorción (BP)} \geq \text{Absorción (BC)}$$

H<sub>0-9</sub>= La dimensión inicial del bloque con PET es igual a la dimensión inicial del bloque control

$$\text{Dimensión (IBP)} \neq \text{Dimensión (IBC)}$$

H<sub>0-10</sub>= La dimensión final del bloque con PET es igual a la dimensión final del bloque control

$$\text{Dimensión (FBP)} \neq \text{Dimensión (FBC)}$$

## 4.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

El enfoque escogido para la realización del estudio es cuantitativo ya que los datos que se obtendrán serán de forma numérica como ser la resistencia a la compresión ( $F'c$ ) que soporta el bloque. Los datos obtenidos se utilizarán para comprobar las hipótesis establecidas.

Hernández Sampieri, (2010) afirma:

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos "brincar o eludir" pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas(diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas y se establece una serie de conclusiones respecto a la hipótesis. (p. 20).

### 4.2.1 TIPO DE DISEÑO

Una vez obtenido el enfoque y métodos se continua con la determinación del tipo de diseño el cual es muy importante ya que da a conocer cuál será la estructura por seguir para la realización de la investigación con el objetivo de tener un proceso organizado y obtener resultados adecuados para su posterior análisis. A continuación, se presenta la Ilustración 33 en la cual se presenta el tipo de diseño con sus respectivos elementos.

Enfoque	• Cuantitativo
Tipo de estudio	• Experimental
Tipo de diseño	• Transversal
Alcance	• Exploratorio
Método	• Análisis Técnico
Muestra	• No probabilístico
Técnicas	• Análisis mecánico

**Ilustración 33. Tipo de diseño**

Fuente: Propia

#### 4.2.1.1 Tipo de Estudio

EL tipo de estudio se ha escogido experimental ya que se cambiarán las variables independientes en base a sus agregados para obtener resultados que posteriormente serán analizados. Para la obtención y análisis de los datos se hará referencia a los ensayos según las normas ASTM C129, C90 y ACI 211.3.

#### 4.2.1.2 Tipo de Diseño

El tipo de diseño para esta investigación se ha escogido el transversal ya que en base a las normativas se debe obtener y recolectar datos en un solo momento determinado. Hernández Sampieri, (2010) : “Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único” (p.151).

#### 4.2.1.3 Alcance

Se ha escogido un alcance exploratorio ya que según (Hernández Sampieri, 2010) “Los estudios exploratorios se realizan con el objetivo de examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes ” (p. 79). En base a lo anterior se sustituye un porcentaje de arena por PET a modo de explorar sus beneficios.

#### 4.2.1.4 Métodos

El método de estudio escogido es el de análisis técnico ya que se refiere al análisis de laboratorio realizados en diferentes lugares a modo de obtener los mejores resultados posibles para esta investigación.

#### 4.2.1.5 Muestra

Se considera que se está utilizando una muestra no probabilística ya que ya que el 100% de la población (Bloques de hormigón) serán evaluados siempre y cuando estos cumplan con los parámetros muestrales.

### 4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Habiendo establecido el tipo de diseño de la investigación, se prosigue con la determinación de la población de estudio junto con su respectivo tamaño de la muestra, los cuales gracias a estos se tendrán los resultados una vez que se les hayan concluido sus respectivos estudios.

#### 4.3.1 POBLACIÓN

Se determinó que la población en el presente proyecto a analizar son el número total de bloques que se realizaron cada uno con diferencias en materiales en cuanto a su dosificación. Es por que el número exacto de población para el proyecto es de 42 bloques.



**Ilustración 34. Lote de bloques elaborados**

Fuente: Propia

#### 4.3.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Se le puede llamar una muestra como una parte o cantidad pequeña de una cosa que se considera representativa del total y que se toma o se separa de ella con ciertos métodos para someterla a estudio, análisis o experimentación. Con el fin de poder conocer ciertas características que tiene la población.

La muestra consta de 42 bloques de 6 pulgadas, los cuales están divididos en 7 grupos los cuales son: El Bloque Control, Bloque con 10% PET, Bloque con 10% PET y Aditivo, Bloque con 20% PET, Bloque con 20% PET y Aditivo, Bloque con 30% PET y Bloque con 30% PET y Aditivo. De cada combinación se elaboraron un total de nueve bloques.



**Ilustración 35. Muestra de bloques elaborados**

Fuente: Propia

**Tabla 8. Muestra de bloques a prueba de compresión**

<b>Lote de Bloques</b>	
<b>% Sustitución de PET con Arena</b>	<b>7 Días</b>
Bloque Control	6
Bloque 10% PET	6
Bloque 10% PET con Aditivo	6
Bloque 20% PET	6
Bloque 20% PET con Aditivo	6
Bloque 30% PET	6
Bloque 30% PET con Aditivo	6
<b>Total Final</b>	<b>42</b>

Fuente: Propia.

#### 4.3.2.1 Parámetros Muestrales

Los bloques elaborados para el ensayo deberán tener las siguientes características:

- Todos los bloques deberán tener las mismas dimensiones las cuales son: Ancho de 6 pulgadas, Alto de 8 pulgadas y largo de 18 pulgadas. Las medidas tienen un parámetro de variación aceptable de (+/-) 1/8 de pulgada.
- Al momento de elaborar el bloque se debe verificar que las esquinas estén con la forma correcta del molde utilizado.
- Observar que el bloque no tenga ninguna fisura o grieta.
- En el caso, al momento de transportarlo un bloque se deshaga se deberá de volver hacer la mezcla junto con los otros bloques que se produjeron en ese instante.

Para la elaboración de bloques la máquina los produce en múltiplos de tres, en el caso de que algún bloque no cumpla con los parámetros ya definidos se deberá realizar la mezcla de esos tres bloques para volver a fabricarlos, con la misma mezcla hasta cuando cumplan con los parámetros ya mencionados y que tengan un buen acabado en su superficie.

Todos los bloques deberán tener las siguientes dimensiones: Ancho de 6 pulgadas, Alto de 8 pulgadas y largo de 18 pulgadas, con un rango de aceptación de (+/-) 1/8 de pulgada

En caso de que un bloque se dañe una vez que ya haya pasado por su proceso de fraguado y endurecimiento. Simplemente se descarta y no se le da su respectivo uso.



**Ilustración 36. Producción de bloques en múltiplos de tres**

Fuente: Propia

#### 4.3.3 DESARROLLO DE NOMENCLATURA PARA MUESTRAS

Se realizó una nomenclatura dirigida para diferenciar los diferentes especímenes que en este caso son los bloques de concreto.

$F'_c$  es la resistencia a compresión a la cual se someterán los bloques de concreto, siendo BP el bloque con sustitución de tereftalato de polietileno por arena, BC el bloque control el cual se utiliza para representar los bloques elaborados y utilizados en el medio, mientras que el BP+A representa a los bloques con plástico y aditivo.

En continuación a lo anterior, se utilizó una nomenclatura de Peso BP y Peso BC haciendo referencia al peso del bloque cuando se utiliza plástico y al peso del bloque control y asimismo se definió Absorción BP y Absorción BC para poder diferenciar en cuanto a la absorción del bloque control y el bloque con plástico.

**Tabla 9. Nomenclatura de las muestras**

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
$F'_{c(BP10)}$	Resistencia a la compresión en bloque con sustitución de plástico por arena en un 10 %
$F'_{c(BP20)}$	Resistencia a la compresión en bloque con sustitución de plástico por arena en un 20 %
$F'_{c(BP30)}$	Resistencia a la compresión en bloque con sustitución de plástico por arena en un 30 %
$F'_{cBC}$	Resistencia a la compresión en bloque control
$F'_{c(BP10+A)}$	Resistencia a la compresión en bloque con sustitución de plástico por arena en un 10 % y con el uso de aditivo
$F'_{c(BP20+A)}$	Resistencia a la compresión en bloque con sustitución de plástico por arena en un 20 % y con el uso de aditivo
$F'_{c(BP30+A)}$	Resistencia a la compresión en bloque con sustitución de plástico por arena en un 30 % y con el uso de aditivo
Peso BP	Peso del bloque con la utilización de plástico
Peso BC	Peso bloque control
Absorción BP	Absorción del bloque con la utilización de plástico
Absorción BC	Absorción del bloque control

Fuente: Propia

#### 4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Seguidamente de la definición de la población y de la muestra, se realizará una breve explicación de las técnicas e instrumentos que se utilizan para lograr obtener los datos.

#### 4.4.1 INSTRUMENTOS

Las pruebas del laboratorio cumplen y están sometidas a normas ya establecidas, las cuales indican la utilización de instrumentos para poder realizar dichas pruebas. Estas normas tienen como fin tener un orden y tener estandarizado todos los procesos y técnicas a nivel global para que de este modo se tenga validez en los estudios que se realicen en cualquier país. A continuación, se enlistarán los instrumentos a utilizar:

- 1) Juego de tamices ASTM: Con los tamices se separa en grupos las partículas de agregado cuando estas pasan por los agujeros de los tamices, según va disminuyendo el diámetro en el trayecto, esta es retenida.



**Ilustración 37. Juego de tamices ASTM**

Fuente: Propia

- 2) Agitador mecánico: Es un dispositivo que se utiliza para el desarrollo de la prueba de granulometría con el fin de poder tamizar los agregados.



**Ilustración 38. Agitador Mecánico**

Fuente: Propia

- 3) Balanza: Es un instrumento que permite medir el peso de cualquier objeto. Se utilizó para tomar el peso de la muestra y recipientes. Algunas balanzas no pueden proporcionar datos y estos son más pesados de lo que pueden llegar a medir. El parámetro de precisión de la balanza digital de más menos 0.01 gramos.



**Ilustración 39. Balanza Digital**

Fuente: Propia

- 4) Bandeja: Recipiente plano utilizado para servir, presentar, depositar o transportar cosas.

- 5) Brochas: Se utilizó la brocha para limpiar los tamices y ayudar a pasar las partículas que quedaron atascadas en los agujeros del tamiz ya que unas de las limitantes del tamiz es que mide una forma regular y las partículas son irregulares.
- 6) Piseta: También llamada frasco lavador y/o matraz de lavado, es un frasco cilíndrico de plástico o vidrio con pico largo, que se utiliza en el laboratorio con el fin de agregar agua de manera muy fina sin derramar.
- 7) Cono Truncado: Es un cuerpo engendrado por la rotación de un trapecio rectángulo al usar como eje de giro el lado perpendicular a las bases.



**Ilustración 40. Cono Truncado**

Fuente: Propia.

- 8) Cubeta: Recipiente utilizado en los laboratorios para contener muestras.
- 9) Molde Cilíndrico: Es un molde utilizado para colocar material como el agregado fino. Se utilizó en la prueba de peso volumétrico para los agregados finos.
- 10) Ventilador: Es una máquina de fluido, más exactamente una turbo máquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que se mantiene un flujo continuo de aire.



**Ilustración 41. Herramientas y utensilios**

Fuente: Propia

- 11) Canasta: Es un recipiente con agujeros que ayudara a drenar el agua del agregado grueso.
- 12) Cucharón: Se utilizó para introducir la muestra de arena hacia los tamices.
- 13) Taras: Recipientes metálicos redondos que sirven para transportar y depositar objetos pequeños. Se utilizó para colocar las muestras de agregados.
- 14) Matraz: Consiste en un recipiente de vidrio generalmente con base circular o algo esférica y un cuello recto y estrecho, que se usa en laboratorios para medir líquidos o mezclar soluciones.
- 15) Beaker: Vasos de vidrio, resistentes a exposiciones químicas; con el fin de medir volumen de soluciones o líquidos.
- 16) Varilla de Vidrio: Es un instrumento utilizado en los laboratorios de química, consistente en un fino cilindro macizo de vidrio que sirve para agitar disoluciones, con la finalidad de mezclar productos químicos y líquidos.
- 17) Varilla de compactación: una varilla de acero de 24" de longitud y 5/8" de diámetro, con un extremo de punta semiesférica, se utilizó para la compactación del agregado.
- 18) Apisonador: Es un elemento que se usa junto con el cono, para dar los golpes necesarios al material. Con el fin de acomodar mejor las partículas sin compactarlas.

19) Horno: Es un dispositivo que genera calor y que lo mantiene dentro de un compartimento cerrado.



**Ilustración 42. Horno Eléctrico**

Fuente: Propia

20) Cepillo Metálico: Se utiliza para empujar las partículas de suelo que quedan entre los espacios de los tamices.

21) Picnómetro: Frasco con un cierre sellado de vidrio que dispone de un tapón provisto de un finísimo capilar.

22) Paleta de colores: Utilizada para la prueba de colorimetría para obtener el resultado de presencia orgánica que contiene el agregado fino.

23) Cuchara de albañilería: Herramienta usada en albañilería formada por una lámina metálica de forma triangular, sujeta por un mango de madera.

24) Trituradora de plástico: Especialmente utilizada para disminuir el tamaño de los objetos de plástico tales como las botellas y otros desechos, la cual funciona mediante el giro de las revoluciones de las espas que la maquina tiene.

25) Máquina de compresión: La máquina consiste en dos partes esenciales: Una estructura superior y una inferior. En la estructura superior se realizan las diferentes pruebas y se encuentra el reloj para observar la carga aplicada, mientras que la estructura inferior se encarga de soportar el peso de la maquina (peso muerto) y servir de alojamiento para los

distintos aditamentos que se utilizan en las pruebas, las cuales se realizan gracias a la fuerza generada por un gato hidráulico de operación manual con la capacidad suficiente para desarrollar las pruebas.



**Ilustración 43. Máquina de Compresión**

Fuente: Propia

26) Máquina de Bloques: Es un mecanismo diseñado para la fabricación de bloques de cemento que constan en su mayoría de una mesa vibradora, un molde con diferentes cavidades dependiendo del tamaño y tipo de elementos que se fabriquen, y unas placas compactadoras adaptadas de acuerdo con el tipo de molde que se esté utilizando.



**Ilustración 44. Máquina Artesanal de Bloques**

Fuente: Propia

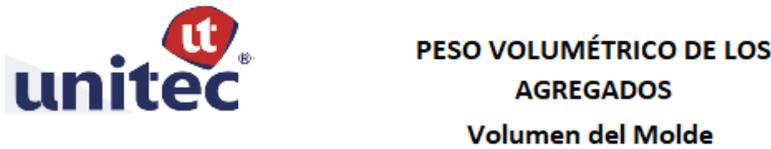
También se hizo uso de formatos de Excel para la recolección y análisis de los datos obtenidos en las pruebas del laboratorio tales como: peso volumétrico, gravedad específica, granulometría, colorimetría y el diseño de la mezcla del concreto para la realización de los bloques.



TAMIZ	TAMIZ(mm)	PRI(gr)	PARA(gr)	PRI %	PRA%	Pasado
3/8"	9.51					
No. 4	4.76					
No. 8	2.38					
No. 16	1.19					
No. 30	0.595					
No. 50	0.297					
No. 100	0.149					
FONDO						

**Ilustración 45. Formato para Análisis Granulométrico**

Fuente: Propia



		Unidad
<b>CALIBRACIÓN</b>	Peso Recipiente	lbs
	Peso Recipiente+Agua	lbs
	Peso Neto Agua	lbs
	Temperatura del Agua	°C
	Peso Específico del Agua	lbs/pie3
	Volumen del Recipiente	pie3

**Ilustración 46. Formato para Calibración de recipientes**

Fuente: Propia

Metodo de Varillado	Agregado	Unidades
Peso de Arena + Molde		lbs
Peso Molde		lbs
Peso del Agregado		lbs
Volumen del molde		pie3
Peso Volumetrico		Lb/pie3

**Ilustración 47. Formato para Análisis de Peso Volumétrico**

Fuente: Propia

#### 4.4.2 TÉCNICAS

##### 4.4.2.1 Peso Volumétrico

- **Objetivos:**

- Determinar el peso volumétrico de la arena, grava y el tereftalato de polietileno.
- Conocer los métodos para obtener el peso volumétrico en los agregados.
- Clasificar los agregados mediante la obtención de su peso volumétrico.

- **Procedimiento:**

- Primero se hizo el cuarteo de los agregados:

1) Se deposita la arena o grava en el piso a modo que quede en un solo sitio como se muestra.

2) Con la pala, se mueve la arena o grava del centro hacia afuera del material, luego hacer el mismo movimiento contrario.

3) Una vez que se realizó esto, cambiarlo de posición. Realizar estos pasos cuatro veces.

4) Cuando el material se encuentre en su última posición, con la pala hacer un corte a la mitad dos veces, obteniendo así, cuatro partes.



**Ilustración 48. Cuarteo del agregado Fino**

Fuente: Propia

- Luego se realiza la calibración de la cubeta:

- 1) Se pesa una cubeta o el recipiente que se usara.
- 2) Se llena completamente, con agua y se vuelve a pesar.
- 3) Se toma la temperatura del agua.
- 4) Luego con la ayuda de la tabla No.1, se obtiene el peso específico del agua.
- 5) Se calcula el volumen del recipiente, con el peso del agua obtenido en el paso 3.



**Ilustración 49. Calibración de Cubeta**

Fuente: Propia

- Procedimiento para el "Método de la Cuchara":

- 1) Se realiza el cuarteo.
- 2) Se toma el material de dos partes opuestas en diagonal.
- 3) Se llena el molde que se esté usando. Para el caso de la arena el cilindro metálico y para la gravilla, la cubeta ya calibrada.
- 4) Una vez lleno, se pesa la balanza de piso, en el caso de la grava, y en la balanza con pesas, en el caso de la arena.
- 5) Hacer el paso 2, 3, y 4 para las otras dos partes restantes.

- Procedimiento para el "Método de la varilla":

- 1) Se realiza el cuarteo.
- 2) Se toma el material de dos partes opuestas en diagonal.

3) Se llena el molde que se esté usando. Para el caso de la arena el cilindro metálico y para la gravilla, la cubeta ya calibrada.

4) Empleando el cucharón se toma material y se deja caer dentro del recipiente desde una altura de 2", llenando el recipiente en 3 capas, dándole 25 golpes de varilla a cada capa, después se procede a enrasar utilizando la misma varilla.

5) Se pesa el recipiente conteniendo el material.

6) Hacer los pasos del 2 al 5 nuevamente para las otras dos partes restantes.



**Ilustración 50. Ensayo de Peso Volumétrico en agregados fino método de la varilla**

Fuente: Propia



**Ilustración 51. Ensayo de Peso Volumétrico en gravilla**

Fuente: Propia

- Procedimiento para el "Método de Asentamiento":

1) Se realiza el cuarteo.

2) Se toma el material de dos partes opuestas en diagonal.

3) Se llena el molde que se esté usando. Para el caso de la arena el cilindro metálico y para la gravilla, la cubeta ya calibrada.

4) Empleando el cucharón se toma material y se deja caer dentro del recipiente desde una altura de 2", llenando el recipiente en 3 capas.

5) Se define una esquina de donde se va a tomar el molde, y dejar caer sobre la otra esquina. Para cada capa se hace 25 golpes a cada lado de estos.

6) Se pesa el recipiente conteniendo el material.

7) Hacer los pasos del 2 al 6 nuevamente para las otras dos partes restantes.

#### 4.4.2.2 Granulometría

- Objetivos:

- Determinar la distribución y clasificar en tamaños los agregados.

- Determinar el tamaño máximo del agregado de la muestra que se utiliza.

- Determinar el módulo de finura del agregado fino.

- Realizar la curva granulométrica.

- Evaluar la calidad del agregado para ser usado en la fabricación de concreto para la elaboración de bloques.

- Procedimiento:

- Primero se hizo el cuarteo de los agregados:

1) Se deposita la arena o grava en el piso a modo que quede en un solo sitio como se muestra.

- 2) Con la pala, se mueve la arena o grava del centro hacia afuera del material, luego hacer el mismo movimiento contrario.
- 3) Una vez que se realizó esto, cambiarlo de posición. Realizar estos pasos cuatro veces.
- 4) Cuando el material se encuentre en su última posición, con la pala hacer un corte a la mitad dos veces, obteniendo así, cuatro partes.



**Ilustración 52. Cuarteo de Gravilla**

Fuente: Propia

- Procedimiento para la Granulometría de la Arena.

- 1) Se toma una muestra representativa de agregado fino mediante el cuarteo con un peso de 100-500 gramos. Se tomó 300 gramos de arena.
- 2) Se vierte sobre los tamices: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100 y fondo.
- 3) Se introduce la serie de tamices al agitador mecánico por 15 minutos para lograr un tamizado correcto.
- 4) Se asegura que las partículas sean retenidas en el tamiz correcto.
- 5) Se pesa el material retenido en cada tamiz de manera individual incluyendo el fondo.

- Procedimiento para la Granulometría del Gravilla.

- 1) Se toma una muestra representativa de gravín mediante el cuarteo con un peso de 100-500 gramos. Se tomó 300 gramos de gravín.
- 2) Se vierte sobre los tamices: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100 y fondo.

- 3) Se introduce la serie de tamices al agitador mecánico por 15 minutos para lograr un tamizado correcto.
- 4) Se asegura que las partículas sean retenidas en el tamiz correcto.
- 5) Se pesa el material retenido en cada tamiz de manera individual incluyendo el fondo.



**Ilustración 53. Granulometría de agregados**

Fuente: Propia

- Procedimiento para la Granulometría del PET.

- 1) Se toma una muestra representativa del PET mediante el cuarteo con un peso de 100-500 gramos. Se tomó 300 gramos de PET.
- 2) Se vierte sobre los tamices: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100 y fondo.
- 3) Se introduce la serie de tamices al agitador mecánico por 15 minutos para lograr un tamizado correcto.
- 4) Se asegura que las partículas sean retenidas en el tamiz correcto.
- 5) Se pesa el material retenido en cada tamiz de manera individual incluyendo el fondo.



**Ilustración 54. Granulometría del PET**

Fuente: Propia

#### 4.4.2.3 Colorimetría

- **Objetivos:**

- Tiene como objeto establecer que debe seguirse para determinar la presencia y el contenido de la materia orgánica en el agregado fino usado en la preparación de morteros o concretos.

- **Procedimiento para Colorimetría:**

- 1) Se realiza el cuarteo de la arena.
- 2) Se pesan 500gramos que hayan pasado por el tamiz número 4.
- 3) Se prepara la solución con sodio caustico.
- 4) En un matraz se llena con arena hasta los 130ml.
- 5) Luego se le agrega el agua destilada con la soda cáustica al matraz con arena hasta los 200ml de altura.
- 6) Se mezcla y reposa por 24 horas.

- 7) Luego se compara el color del agua con la paleta de color para determinar la presencia orgánica en el agregado fino.



**Ilustración 55. Resultado de Colorimetría a las 24 horas**

Fuente: Propia

#### 4.4.2.4 Gravedad Específica

- Objetivo:
  - Determinar la Gravedad Especifica del agregado fino y grueso para conocer si el agregado es bueno para la elaboración de concreto.
  
- Procedimiento:
  - Procedimiento de Gravedad Especifica de la Arena:
    - 1) Se saca arena que estaba sumergida en una superficie como en una bandeja.
    - 2) Se pone a secar en el horno.
    - 3) Se saca la arena hasta cuando esta no esté húmeda.

4) Se llena el cono truncado de manera que mantenga la forma del cono primeramente dándole 25 golpes con apisonador, se levanta; si queda la forma correcta se procede al siguiente paso en el caso de no obtener la forma deseada se tiene que repetir el proceso.



**Ilustración 56. Paso #4 para Gravedad Específica de la Arena**

Fuente: Propia

5) Se llena un matraz con agua destilada hasta la línea de aforo.

6) Luego se pesa el matraz + agua.

7) Se vacía hasta 1/3 del matraz solo para que no salte el material al depositarlo. Seguidamente se echa la arena en el matraz y se vuelve a llenar hasta el bulbo.

8) Se le hace un movimiento rotativo de aproximadamente 10 minutos

9) Por último, se llena a la línea de aforo.

10) Se vacía en una tara vacía y se coloca en el horno por 24 horas.



**Ilustración 57. Paso #6 para Gravedad Específica de la Arena**

Fuente: Propia

11) Luego se pesa la tara en que estuvo durante las 24 horas, en la balanza digital.

- Procedimiento de Gravedad Específica del Gravilla:

- 1) Se amarra en la balanza una cuerda con la cual se sujeta la canasta de inmersión.
- 2) Se pesa la canasta vacía sumergida.
- 3) Se coloca una en la mesa para colocar la gravilla saturada y luego secar su superficie.
- 4) Se pesa la gravilla.
- 5) Se coloca la gravilla en la canasta sumergida y se pesan.
- 5) Se pesa la tara vacía.
- 6) Se retira la canasta de la balanza y se coloca la gravilla en la tara.
- 7) Se coloca en el horno por 24 horas y luego se pesa de nuevo en la balanza.



**Ilustración 58. Ensayo de Gravedad Específica de la Gravilla**

Fuente: Propia

#### 4.4.2.5 Elaboración de bloques control, PET y Aditivo

Una vez ya definido las cantidades de los materiales correspondientes para la elaboración del bloque se empiezan a pesar la cantidad de cada material. Y se van colocando en el sitio donde se realizará la mezcla. Dicha mezcla realizada fue elaborada a mano y no por ningún tipo de maquinaria.

El primer paso para la elaboración de mezcla para bloques es colocar la arena en el sitio y empezar a homogenizarla. Para esto se hace uso de palas para mover la arena desde los extremos del bulto justo al centro arriba tal y como se hace cuando se realiza el cuarteo en los agregados.



**Ilustración 59. Agregado fino para elaboración de Bloque**

Fuente: Propia

El segundo paso es la incorporación del segundo agregado el cual es el agregado grueso o gravilla, una vez ya tenido la cantidad que se va a utilizar para la mezcla se vierte por encima de la arena y se empieza a mezclar entre si los dos agregados para luego proseguir al siguiente paso.



**Ilustración 60. Gravilla utilizada para la mezcla de bloque**

Fuente: Propia

El siguiente paso es agregar el cemento a los agregados ya combinados. Este paso puede variar dependiendo la elaboración o en la planta ya que en algunas tienen los agregados por separados y en otras los tienen ya combinados. Una vez agregado el cemento se empieza a mezclar los tres materiales y se les empieza a agregar agua para la elaboración de la muestra.



**Ilustración 61. Cemento junto a los agregados para la mezcla**

Fuente: Propia

Una vez ya realizada la mezcla de cemento, arena, gravilla y agua se prosigue a colocar dicha mezcla en los moldes respectivos para la elaboración del bloque una vez llenados los moldes. Se enciende la máquina de los bloques el cual hace un vibrado, enrasado y compactado a la mezcla para que esta tome la forma de los bloques.



**Ilustración 62. Mezcla en la máquina de bloques**

Fuente: Propia

Para los bloques que llevan un porcentaje de sustitución de tereftalato de polietileno por la arena y bloques que llevan tereftalato de polietileno más aditivo el proceso de elaboración varía un poco y es de la siguiente manera.

Una vez teniendo la arena, gravilla y cemento juntos se le coloca la cantidad de PET ya calculada anteriormente y se vierte en la mezcla luego se mezcla y se le coloca el agua y el aditivo reductor de agua y acelerante de fraguado juntos al mismo tiempo.



**Ilustración 63. Mezcla de bloques con PET**

Fuente: Propia



**Ilustración 64. Bloques Elaborados**

Fuente: Propia

#### 4.4.2.6 Ruptura de los bloques control, PET y Aditivo

Una vez el bloque ya sea elaborado, fraguado y curado y haya alcanzado el tiempo necesario que determina la norma se prosigue a la ruptura del bloque con el fin de determinar su resistencia a la compresión.

Una vez que el bloque esté listo para su ruptura se le realiza la prueba de compresión. Como primer paso se debe de determinar el área de compresión del bloque. Para este paso se debe de calcular el área de compresión del bloque justo antes de su ruptura.

Ya definido el área de compresión del bloque se prosigue para colocar el bloque en la máquina de compresión. Para realizar dicho paso primero se debe de asegurar de que el bloque tenga la superficie lisa y enrasada al momento de realizarle el ensayo, en el caso que no se le debe de enrasar y dejar ambas superficies lisas y enrasadas. En la siguiente se demuestra como se debe de enrasar el bloque con una placa de metal.



**Ilustración 65. Enrasado del Bloque**

Fuente: Propia

Luego se coloca el bloque adentro de la máquina de compresión y se le coloca unas placas de metal para que alcance con la parte superior de la maquina la cual es la que ejerce la fuerza hacia abajo para realizar el ensayo a compresión.



**Ilustración 66. Colocación de Bloque en máquina de compresión**

Fuente: Propia

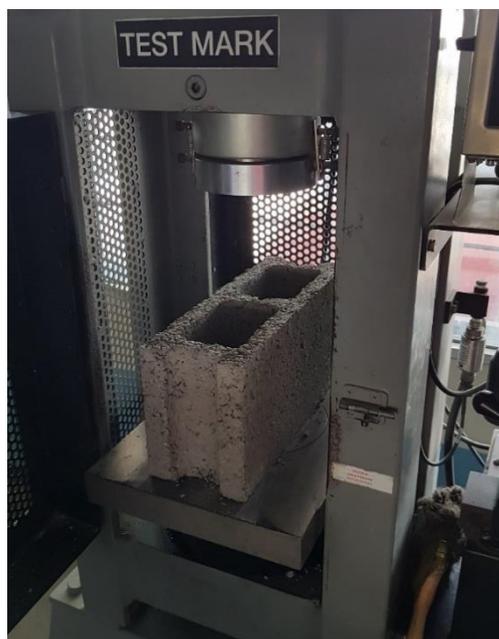
Una vez ubicado y colocado el bloque con sus respectivas placas se inicia el ensayo de la ruptura del bloque de concreto. El cual termina hasta que el bloque falla y determina el peso en libras que el bloque soporto antes de la falla.



**Ilustración 67. Colocación de Bloque en máquina de compresión**

Fuente: Propia

Cuando el contador del monitor se detenga y muestre el peso que soportó el bloque se prosigue con remoción del bloque en la máquina.



**Ilustración 68. Remoción del bloque de la máquina.**

Fuente: Propia

Una vez ya obtenido la lectura de la máquina de compresión se toma ese dato el cual brinda las libras fuerza que el bloque soportó y ese valor se divide entre el área de compresión del bloque en pulgadas cuadradas para obtener la resistencia en psi del bloque de concreto.

#### **4.5 UNIDAD DE ANÁLISIS Y RESPUESTA**

Se entiende por unidad de análisis y respuesta los objetos de estudio mediante los cuales se va a obtener información. La unidad de análisis brinda los datos necesarios para todo el proceso de investigación mientras que la unidad de respuesta se refiere a qué información o datos específicos se requiere obtener de los objetos de estudio.

##### 4.5.1 UNIDAD DE ANÁLISIS

Como unidad de análisis serán tomados los (bloques de hormigón) que cumplan con las especificaciones de tamaño y dosificación según la normativa ACI 211.3 y que estos no hayan sufrido alteraciones durante el ensayo. Finalmente serán sometidos a ruptura con equipos adecuadamente calibrados.

##### 4.5.2 UNIDAD DE RESPUESTA

Como unidad de respuesta se evaluarán todos los datos obtenidos de lecturas provenientes de los ensayos de ruptura a compresión, pesos, dimensiones, absorción, volumen neto, área neta y densidad sobre los bloques obtenidos por equipos que como se menciona anteriormente hayan sido correctamente calibrados.

#### **4.6 MATERIALES**

Cemento:

El cemento que se utilizó fue el Tipo HE el cual cumple con los requisitos de la norma ASTM C-1157. Se compone de Clinker, yeso y piedra caliza. Apto para la elaboración de estructuras que requieren alta resistencia inicial; por ejemplo, para bloques, postes, tubos de drenaje, etc. También se utiliza en la elaboración de concretos con compromiso estructural como lo son vigas, columnas, losas y cimentaciones.



**Ilustración 69. Cemento Bijao Tipo HE**

Fuente: Propia

Gravilla:

Piedra o roca acachada o triturada, también conocida como grava fina. Cuyos elementos tienen un grosor de unos 10 milímetros. La gravilla son un conjunto de materiales, de tamaño mayor que la arena, procedentes de minerales y rocas fragmentados por los agentes atmosféricos. Este material se origina por fragmentación de las distintas rocas de la corteza terrestre, ya sea en forma natural o artificial. Dicho agregado proviene de CONHSA.



**Ilustración 70. Banco de agregado Gravilla**

Fuente: Propia

Arena:

La arena o árido fino es el material que resulta de la desintegración natural de las rocas o se obtiene de la trituración de estas, y cuyo tamaño es inferior a los 5mm. La arena es la agrupación o conjunto de partículas de rocas silíceas que se con frecuencia se suelen acumular cerca de los cuerpos de agua. Dicho agregado proviene de CONHSA.



**Ilustración 71. Agregado Fino**

Fuente: Propia

Tereftalato de Polietileno" PET":

Los residuos plásticos son el desecho del proceso de tratamiento de las hojuelas de plástico en la empresa INVEMA. El plástico es proveniente de botellas de refresco usadas por las personas que las consumen.



**Ilustración 72. Tereftalato de Polietileno**

Fuente: Propia

Agua:

Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares, ocupa las tres cuartas partes del planeta Tierra y forma parte de los seres vivos; está constituida por hidrógeno y oxígeno.



**Ilustración 73. Agua Potable**

Fuente: Propia

Hidróxido de sodio:

Es una sustancia química compuesta por sodio, hidrógeno y oxígeno altamente corrosiva cuya fórmula es NaOH. Sus propiedades hacen que se utilice para muchos y variados propósitos, desde la fabricación de productos de limpieza, como el jabón de sosa, a la potabilización de agua pasando por la fabricación de lodos de perforación en la industria petrolera.

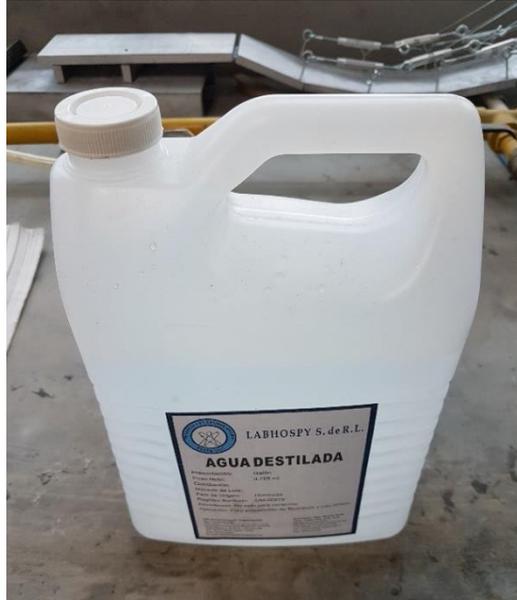


**Ilustración 74. Hidróxido de Sodio**

Fuente: Propia

Agua Destilada:

El agua destilada es agua que ha sido sometida a un proceso de destilación que permitió limpiarla y purificarla. Esto hace, en teoría, que el agua destilada sea agua potable, ya que es una sustancia pura que solo contiene un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno (H<sub>2</sub>O).



**Ilustración 75. Agua Destilada**

Fuente: Propia

#### Aditivo Admix BloQ

El Aditivo Admix BloQ es un aditivo para la producción económica de bloque. Admix BloQ es un densificador integral de mezcla de medio rango el cual mediante la dispersión de partículas de cemento contribuye al desarrollo de resistencias a temprana edad y una expedita rotación de moldes.

Una de las principales ventajas es el aumento de productividad debido a un incremento en la velocidad de vaciado en moldes. También realiza mejores acabados haciéndolos más uniformes y alcanza altas resistencias a temprana edad.



**Ilustración 76. Aditivo reductor de Agua**

Fuente: Propia

Beneficios:

- Acelera el tiempo de fraguado, aumenta el desarrollo de la fuerza. Especialmente diseñado para
- El PCC funciona como bloques de hormigón, bloques huecos, bloques de pavimento, baldosas de diseño, etc.
- Reduce las roturas (verticales y de esquina) durante la fundición, carga, descarga y transporte, ofrece superficies excepcionalmente suaves y mejora la calidad de los bloques y la productividad.

Propiedades del Producto:

Color: Blanco lechoso / Crema / Marrón oscuro.

Gravedad específica: 1.265 a 1.270

Contenido sólido: 40% ± 2%

## **4.7 FUENTES DE INFORMACIÓN**

Las fuentes de información son instrumentos para el conocimiento, búsqueda y acceso a la información. Dichas fuentes de información dan sustento y afirmación a toda la parte teórica y de investigación las cuales llevan a cabo todos los procesos de elaboración y pruebas de laboratorio. Dichas Fuentes de dividen en dos las fuentes primarias y las fuentes secundarias, a continuación, se establecerán las fuentes utilizadas.

### 4.7.1 FUENTES PRIMARIAS

- Normas del ACI (American Concrete Institute).
- Normas ASTM.
- El libro de Metodología de la Investigación escrito por Roberto Hernández Sampieri.

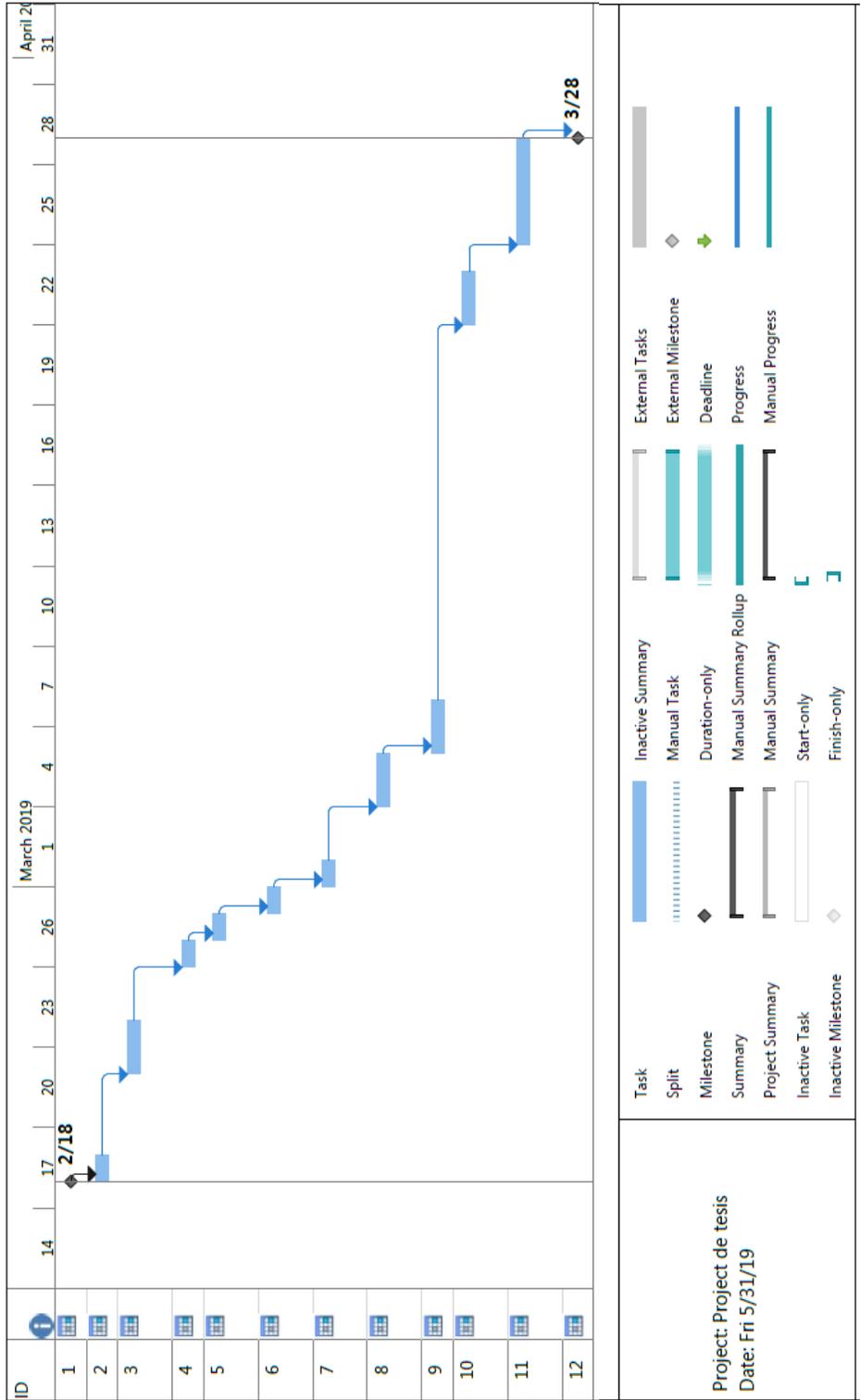
### 4.7.2 FUENTES SECUNDARIAS

- Tesis publicadas en UNITEC.
- El Manual del Laboratorio de Ingeniería Civil de UNITEC.
- Determinación del Esfuerzo a Compresión y Peso Volumétrico de Bloques Alivianados de Hormigón, con la utilización de Plástico. Elaborado por Tito Gonzaga y Dayana Vanessa.

#### 4.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Fecha de inicio	Fecha de finalizado
<b>1. Visitas a Bloqueras</b>	Lunes 18 de Febrero de 2019	Lunes 18 de Febrero de 2019
<b>2. Clasificación y granulometría de Plastico</b>	Viernes 22 de Febrero del 2019	Sabado 23 de Febrero del 2019
<b>3. Visita a la Planta</b>	Martes, 26 de Febrero del 2019	Martes, 26 de Febrero del 2019
<b>4. Preparación de Agregados y PET con su respectiva dosificación en peso</b>	Miercoles 27 de Febrero del 2019	Miercoles 27 de Febrero del 2019
<b>5. Elaboracion de Bloques, Dia1</b>	Jueves 28 de Febrero del 2019	Jueves 28 de Febrero del 2019
<b>5. Elaboracion de Bloques, Dia2</b>	Viernes 1 de Marzo del 2019	Viernes 1 de Marzo del 2019
<b>6. Granulometria de Agregados</b>	Lunes 4 de Marzo del 2019	Martes 5 de Marzo del 2019
<b>7. Gravedad Especifica y Peso Volumétrico</b>	Miercoles 6 de Marzo del 2019	Jueves 7 de Marzo del 2019
<b>8. Pruebas de Compresión de Bloques a los 21dias</b>	Viernes 22 de Marzo del 2019	Sabado 23 de Marzo del 2019
<b>9. Análisis de Resultados de Pruebas de Lab.</b>	Lunes 25 de Marzo del 2019	Jueves 28 de Marzo del 2019

## 4.9 DIAGRAMA DE GAANT



## CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El tereftalato de polietileno proviene del proceso de trituración de todo tipo de desechos plásticos, los cuales son coleccionados y llevados a la empresa y plantel de INVEMA la cual está situada en el boulevard que conduce hacia El Zapotal. Esta empresa realiza el proceso de dicha trituración de plásticos y otros materiales con el fin de darles un uso y de poder reutilizarlo con el fin de contaminar el medio ambiente.

INVEMA produce el tereftalato de polietileno en diferentes tamaños, estos tamaños dependen en que tanto o no son triturados por las cuchillas de los molinos. Para el caso de poder darle un uso al plástico en los bloques de hormigón se decidió utilizar polímeros de plástico de un tamaño bien pequeño con el fin de poder sustituir un cierto porcentaje de arena y colocar el tereftalato de polietileno. La característica principal del PET es que debe pasar a través del tamiz No. 4 el cual indica que es del mismo tamaño que la arena lo cual debe ser así ya que se pretende sustituir la arena por el PET.



**Ilustración 77. Tereftalato de Polietileno antes y después de clasificarlo**

Como se puede apreciar en la ilustración hay ciertas fibras de mayor tamaño las cuales son retenidas en el tamiz No. 4 estas fibras son de otro tipo por su tamaño; estas fibras no se requieren para la elaboración de bloques. Por otra parte, al lado derecho de la figura se puede apreciar el plástico totalmente triturado en un estado molido/polvo el cual pasa por el tamiz No.4 y todos

los demás que lo siguen teniendo las mismas características, en tamaño que la arena. Es por esta razón que el material que se va a sustituir es la arena con el fin de poder darle un uso al desecho plástico.

## **5.1 GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS**

A continuación, se presentarán los resultados de granulometría realizados a los agregados utilizados para la mezcla del bloque de hormigón. Dicha granulometría y análisis granulométrico se realizó en base a la norma ASTM C-136, la cual realiza la medición de las partículas de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica y por la norma del ACI 211.3 para la cual indica que parámetros de las diferentes combinaciones se deben cumplir.

Las pruebas realizadas de granulometría son las siguientes:

- Granulometría de la Arena.
- Granulometría de la Gravilla.
- Granulometría de Tereftalato de Polietileno.
- Granulometría combinada de Arena y Gravilla.
- Granulometría combinada de Arena y Gravilla con 10% de sustitución con PET.
- Granulometría combinada de Arena y Gravilla con 20% de sustitución con PET.
- Granulometría combinada de Arena y Gravilla con 30% de sustitución con PET.

Para el análisis granulométrico se deben de realizar diferentes calculo los cuales brindan información de los agregados con sus diferentes tamaños de las partículas los cuales son retenidos en cada tamiz al momento de realizar el ensayo. Las ecuaciones son las siguientes.

### **Ecuación 10. Peso Retenido Acumulado**

$$\text{Peso retenido acumulado} = \text{Peso retenido individual} + \text{peso retenido acumulao anterior}$$

### Ecuación 11. Porcentaje de Peso Retenido Individual

$$\%PRI = \frac{PRI}{\sum PRI} * 100$$

### Ecuación 12. Porcentaje de Peso Retenido Acumulado

$$\%PRA = \frac{PRA}{\sum PRI} * 100$$

### Ecuación 13. Porcentaje Pasado

$$\%Pasado = 100 - \%PRA$$

#### 5.1.1 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA

**Tabla 10. Cálculos de Granulometría de Arena**

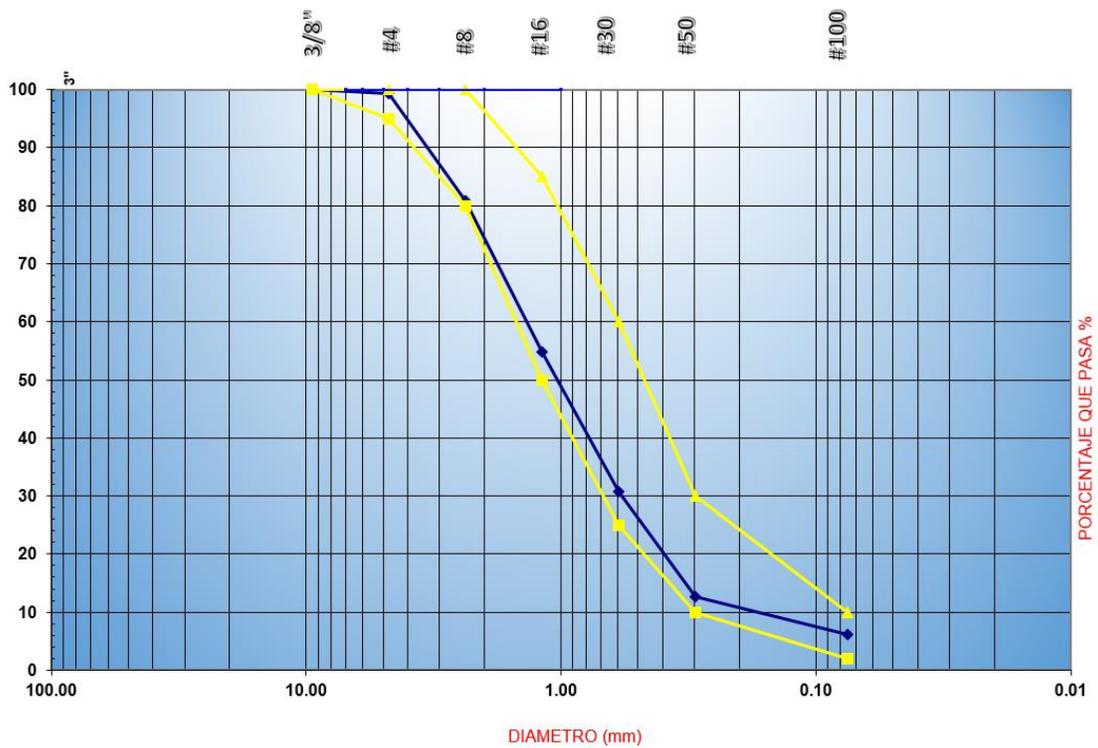
 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA LABORATORIO ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA ARENA						
TAMIZ	TAMIZ(mm)	PRI(gr)	PRA(gr)	PRI %	PRA%	Pasado
3/8"	9.51	0	0	0.00	0.00	100.00
No. 4	4.76	3.27	3.27	0.66	0.66	99.34
No. 8	2.38	91.99	95.26	18.43	19.09	80.91
No. 16	1.19	130.49	225.75	26.14	45.23	54.77
No. 30	0.595	119.88	345.63	24.02	69.25	30.75
No. 50	0.297	90.60	436.23	18.15	87.40	12.60
No. 100	0.149	31.89	468.12	6.39	93.79	6.21
FONDO		30.99	499.11	6.21	100.00	0.00
		499.11		100.00		

Fuente: Propia.

**Tabla 11. Valores de Máximo y Mínimo de Arena**

Mínima			Máxima		
	Tamiz en mm	% Mínimo		Tamiz en mm	% Máximo
<b>3/8</b>	9.510	100.000	<b>3/8</b>	9.510	100.00
<b>#4</b>	4.760	95.000	<b>#4</b>	4.760	100.00
<b>#8</b>	2.380	80.000	<b>#8</b>	2.380	100.00
<b>#16</b>	1.190	50.000	<b>#16</b>	1.190	85.00
<b>#30</b>	0.595	25.000	<b>#30</b>	0.595	60.00
<b>#50</b>	0.297	10.000	<b>#50</b>	0.297	30.00
<b># 100</b>	0.075	2.000	<b># 100</b>	0.075	10.00

Fuente: Norma ASTM C-136.



**Ilustración 78. Curva granulométrica de la Arena**

Fuente: Propia.

Dentro de los resultados obtenidos en la gráfica granulométrica de la arena, se puede apreciar como todos los valores están dentro del máximo y el mínimo que nos menciona la norma ASTM C 136.

#### 5.1.2 GRANULOMETRÍA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO (PET)

**Tabla 12. Cálculos de Granulometría del Tereftalato de Polietileno**



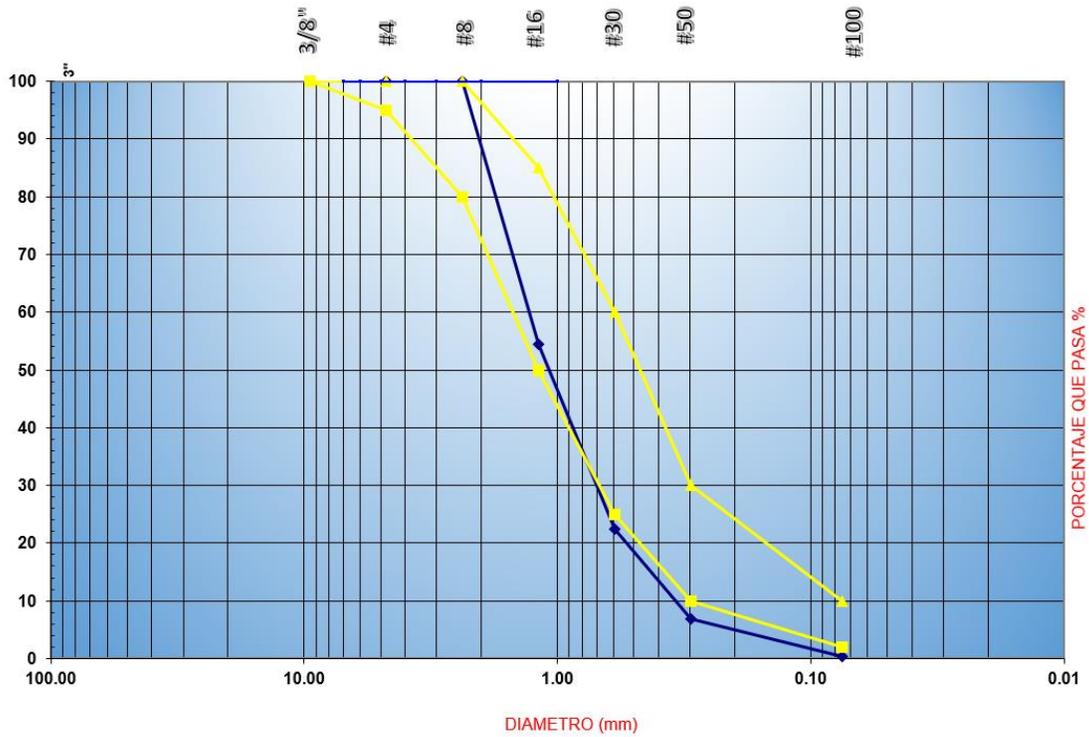
TAMIZ	TAMIZ(mm)	PRI(gr)	PRA(gr)	PRI %	PRA%	Pasado
3/8"	9.51	0	0	0.00	0.00	100.00
No. 4	4.76	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 8	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 16	1.19	136.47	136.47	45.61	45.61	54.39
No. 30	0.595	95.51	231.98	31.92	77.53	22.47
No. 50	0.297	46.94	278.92	15.69	93.21	6.79
No. 100	0.149	19.01	297.93	6.35	99.57	0.43
FONDO		1.3	299.23	0.43	100.00	0.00
		299.23		100.00		

Fuente: Propia.

**Tabla 13. Valores de Máximo y Mínimo del tereftalato de Polietileno (PET)**

	Mínima		Máxima		
	Tamiz en mm	% Mínimo	Tamiz en mm	% Máximo	
<b>3/8</b>	9.510	100.000	<b>3/8</b>	9.510	100.00
<b>#4</b>	4.760	95.000	<b>#4</b>	4.760	100.00
<b>#8</b>	2.380	80.000	<b>#8</b>	2.380	100.00
<b>#16</b>	1.190	50.000	<b>#16</b>	1.190	85.00
<b>#30</b>	0.595	25.000	<b>#30</b>	0.595	60.00
<b>#50</b>	0.297	10.000	<b>#50</b>	0.297	30.00
<b># 100</b>	0.075	2.000	<b># 100</b>	0.075	10.00

Fuente: ASTM C-136.



**Ilustración 79. Curva Granulométrica del Tereftalato de polietileno (PET)**

Fuente: Propia

Esta grafica brinda datos que en su mayoría cumplen con los requisitos de los máximos y mínimos, excepto los tamices 30, 50 y 100 que se salen levemente de los rangos. Esta grafica no cumple con la norma ASTM C136. Sin embargo, se utilizó en la práctica.

### 5.1.3 GRANULOMETRÍA DE LA GRAVILLA

**Tabla 14. Cálculos de granulometría de la gravilla**



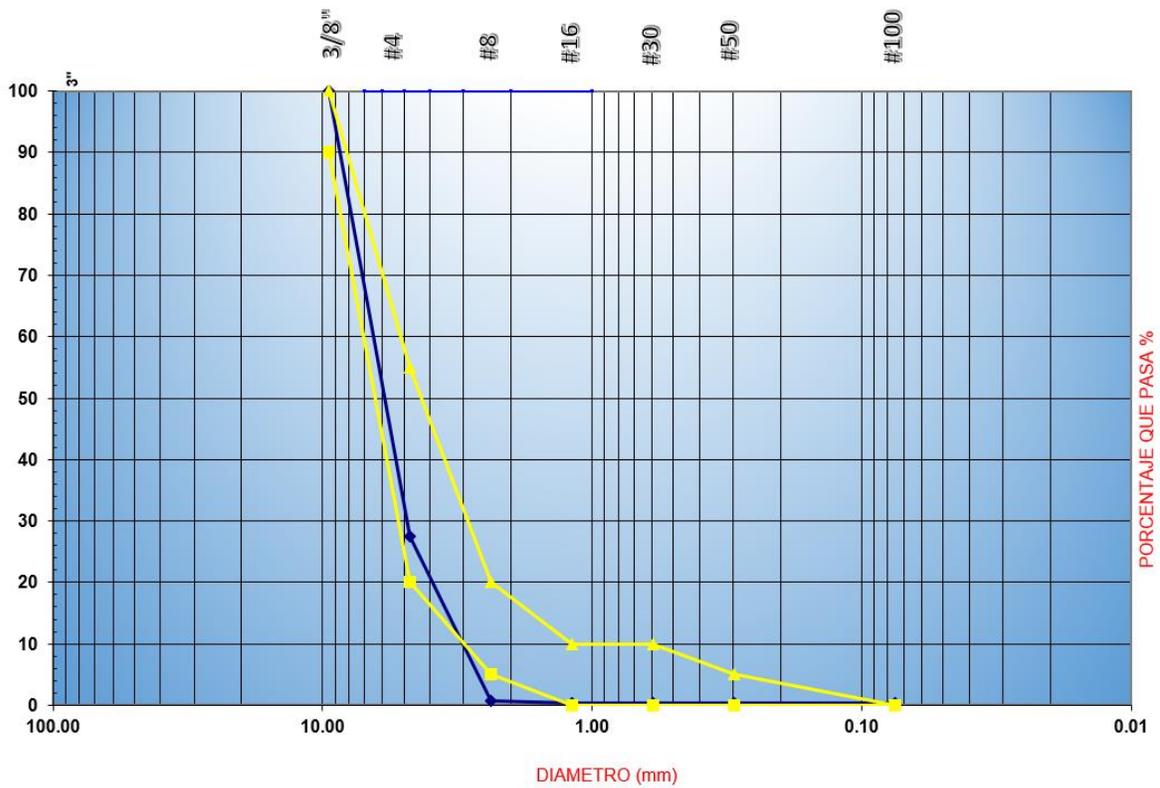
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
LABORATORIO  
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA GRAVILLA

TAMIZ	TAMIZ(mm)	PRI(gr)	PRA(gr)	PRI %	PRA%	Pasado
3/8"	9.51	0	0	0.00	0.00	100.00
No. 4	4.76	362.21	362.21	72.45	72.45	27.55
No. 8	2.38	134.28	496.49	26.86	99.31	0.69
No. 16	1.19	1.47	497.96	0.29	99.60	0.40
No. 30	0.595	0.15	498.11	0.03	99.63	0.37
No. 50	0.297	0.09	498.20	0.02	99.65	0.35
No. 100	0.149	0.10	498.30	0.02	99.67	0.33
FONDO		1.66	499.96	0.33	100.00	0.00
		499.96		100.00		

**Tabla 15. Valores de Máximo y Mínimo de Gravilla**

Minima			Maxima		
	Tamiz en mm	% Mínimo		Tamiz en mm	% Máximo
3/8	9.510	90.000	3/8	9.510	100.00
#4	4.760	20.000	#4	4.760	55.00
#8	2.380	5.000	#8	2.380	20.00
#16	1.190	0.000	#16	1.190	10.00
#30	0.595	0.000	#30	0.595	10.00
#50	0.297	0.000	#50	0.297	5.00
# 100	0.075	0.000	# 100	0.075	0.00

Fuente: ASTM C-136.



## 5.1.4 GRANULOMETRÍA COMBINADA DE ARENA Y GRAVILLA

**Tabla 16. Resultados de Granulometría de Combinación de Gravilla y Arena**



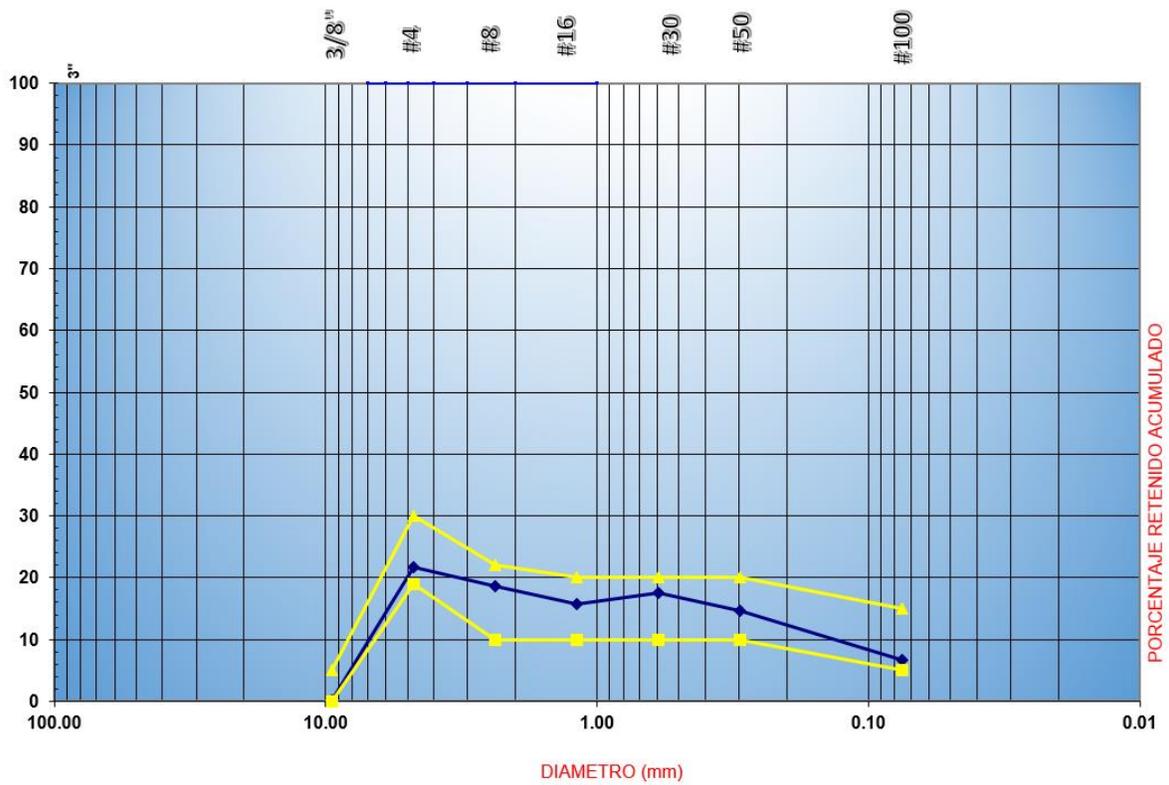
TAMIZ	TAMIZ(mm)	PRI(gr)	PRA(gr)	PRI %	PRA%	Pasado
<b>3/8"</b>	9.51	1.54	1.54	0.12	0.12	99.88
<b>No. 4</b>	4.76	268.45	269.99	21.64	21.76	78.24
<b>No. 8</b>	2.38	231.43	501.42	18.65	40.41	59.59
<b>No. 16</b>	1.19	194.05	695.47	15.64	56.05	43.95
<b>No. 30</b>	0.595	218.20	913.67	17.59	73.64	26.36
<b>No. 50</b>	0.297	181.17	1094.84	14.60	88.24	11.76
<b>No. 100</b>	0.149	82.95	1177.79	6.69	94.93	5.07
<b>FONDO</b>		62.94	1240.73	5.07	100.00	0.00
		1240.73		100.00		

Fuente: Propia

**Tabla 17. Valores de Máximo y Mínimo de Agregados para Bloques**

Mínima			Máxima		
	Tamiz en mm	%Mínimo		Tamiz en mm	%Máximo
<b>3/8</b>	9.510	0.000	<b>3/8</b>	9.510	5.00
<b>#4</b>	4.760	19.000	<b>#4</b>	4.760	30.00
<b>#8</b>	2.380	10.000	<b>#8</b>	2.380	22.00
<b>#16</b>	1.190	10.000	<b>#16</b>	1.190	20.00
<b>#30</b>	0.595	10.000	<b>#30</b>	0.595	20.00
<b>#50</b>	0.297	10.000	<b>#50</b>	0.297	20.00
<b># 100</b>	0.149	5.000	<b># 100</b>	0.149	15.00

Fuente: ACI 211.3.



**Ilustración 81. Curva Granulométrica de combinación de Gravilla y Arena**

Fuente: Propia

Para la granulometría combinada los valores dieron por dentro de los rangos de máximo y mínimo. Esto significa que los valores cumplen con la norma AC 211.3.

5.1.5 GRANULOMETRÍA COMBINADA DE 10% TEREFTALATO DE POLIETILENO

**Tabla 18. Resultados de Granulometría de Combinación de 10% PET**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**  
 LABORATORIO  
 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA COMB. DEL 10% PET

TAMIZ	TAMIZ(mm)	PRI(gr)	PRA(gr)	PRI %	PRA%	Pasado
<b>3/8"</b>	9.51	4.58	4.58	0.00	0.18	99.82
<b>No. 4</b>	4.76	478.66	483.24	19.15	19.34	80.66
<b>No. 8</b>	2.38	539.70	1022.94	21.60	40.94	59.06
<b>No. 16</b>	1.19	491.70	1514.64	19.68	60.61	39.39
<b>No. 30</b>	0.595	435.45	1950.09	17.43	78.04	21.96
<b>No. 50</b>	0.297	305.86	2255.95	12.24	90.28	9.72
<b>No. 100</b>	0.149	215.23	2471.18	8.61	98.89	1.11
<b>FONDO</b>		27.73	2498.91	1.11	100.00	0.00
		2498.91		100.00		

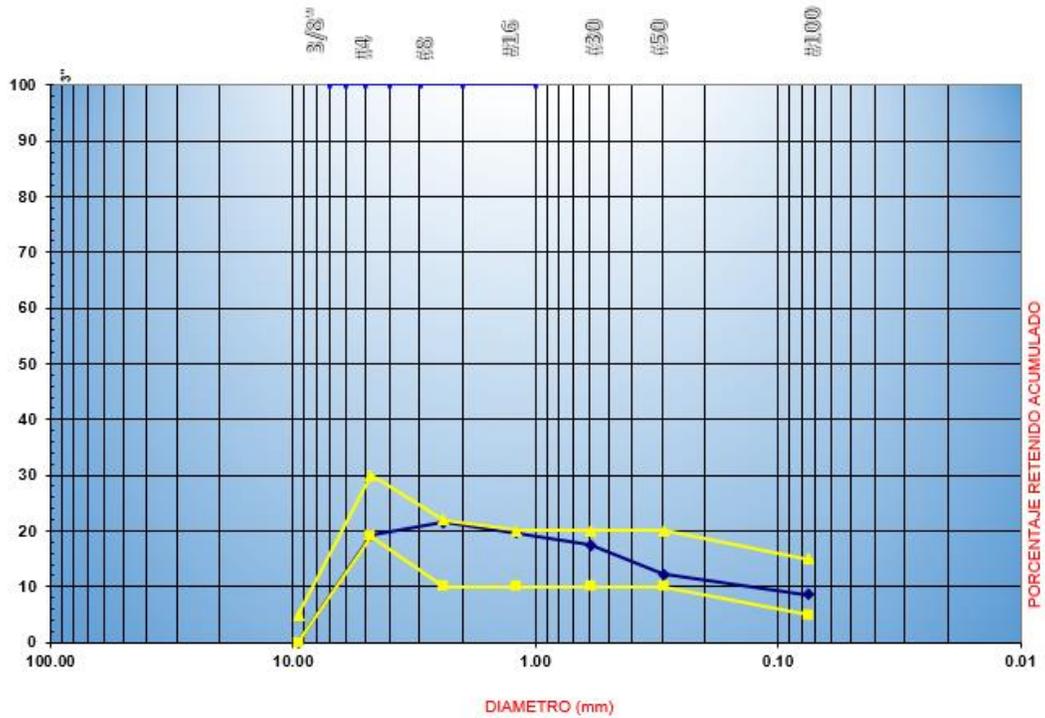
Fuente: Propia

**Tabla 19. Valores de Máximo y Mínimo de Agregados para Bloques**

Mínima			Máxima		
	Tamiz en mm	%Mínimo		Tamiz en mm	%Máximo
<b>3/8</b>	9.510	0.000	<b>3/8</b>	9.510	5.00
<b>#4</b>	4.760	19.000	<b>#4</b>	4.760	30.00
<b>#8</b>	2.380	10.000	<b>#8</b>	2.380	22.00
<b>#16</b>	1.190	10.000	<b>#16</b>	1.190	20.00
<b>#30</b>	0.595	10.000	<b>#30</b>	0.595	20.00
<b>#50</b>	0.297	10.000	<b>#50</b>	0.297	20.00
<b># 100</b>	0.149	5.000	<b># 100</b>	0.149	15.00

Fuente: ACI 211.3

**Ilustración 82. Curva Granulométrica de Combinación de 10% PET**



**Ilustración 83. Curva Granulométrica de Combinación de 10% PET**

Fuente: Propia

Según lo que nos indica la gráfica granulométrica los valores están por dentro de los máximos y mínimos, cumpliendo con la norma ACI 211.3.

5.1.6 GRANULOMETRÍA COMBINADA DE 20% TEREFTALATO DE POLIETILENO

**Tabla 20. Resultados de Granulometría de Combinación de 20% PET**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**  
 LABORATORIO  
 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA COMB. DEL 20% PET

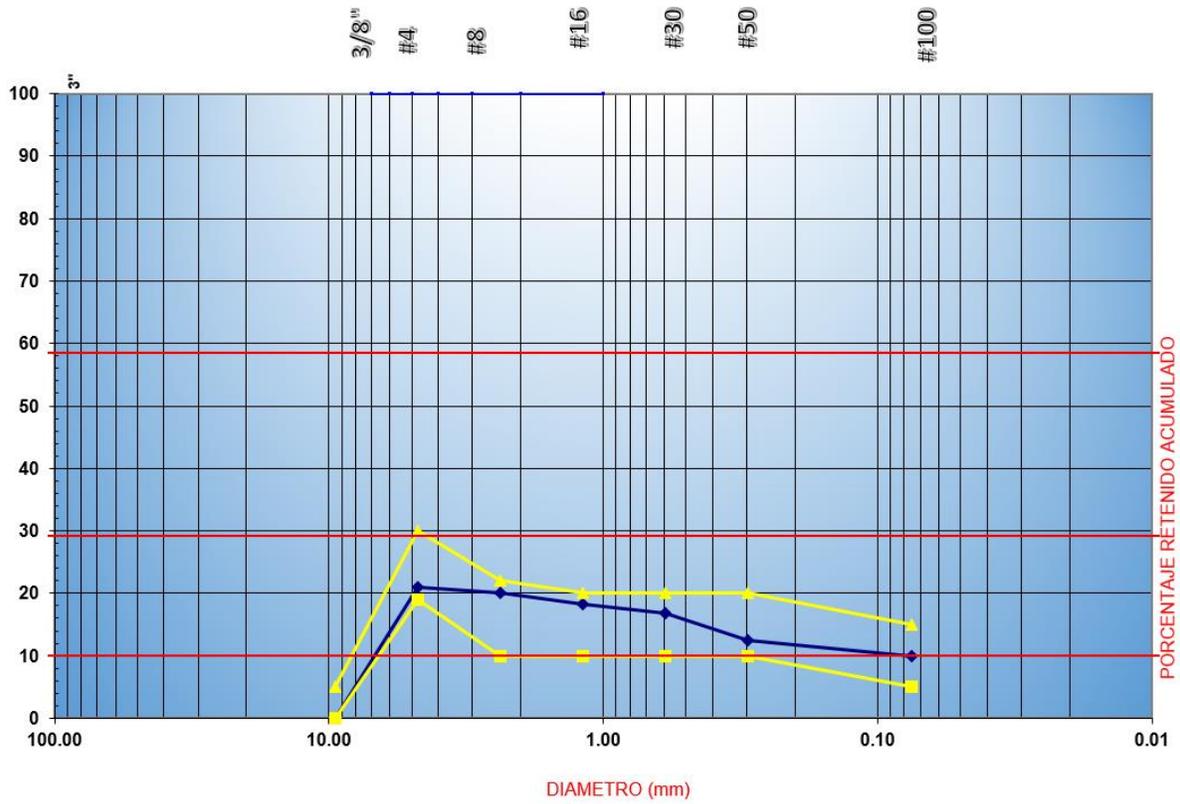
TAMIZ	TAMIZ(mm)	PRI(gr)	PRA(gr)	PRI %	PRA%	Pasado
<b>3/8"</b>	9.51	7.87	7.87	0.31	0.31	99.69
<b>No. 4</b>	4.76	523.48	531.35	20.94	21.26	78.74
<b>No. 8</b>	2.38	501.35	1032.70	20.06	41.32	58.68
<b>No. 16</b>	1.19	455.05	1487.75	18.21	59.53	40.47
<b>No. 30</b>	0.595	420.55	1908.30	16.83	76.35	23.65
<b>No. 50</b>	0.297	311.72	2220.02	12.47	88.82	11.18
<b>No. 100</b>	0.149	246.44	2466.46	9.86	98.68	1.32
<b>FONDO</b>		32.89	2499.35	1.32	100.00	0.00
		2499.35		100.00		

Fuente: Propia

**Tabla 21. Valores de Máximo y Mínimo de Agregados para Bloques**

Mínima			Máxima		
	Tamiz en mm	%Mínimo		Tamiz en mm	%Máximo
<b>3/8</b>	9.510	0.000	<b>3/8</b>	9.510	5.00
<b>#4</b>	4.760	19.000	<b>#4</b>	4.760	30.00
<b>#8</b>	2.380	10.000	<b>#8</b>	2.380	22.00
<b>#16</b>	1.190	10.000	<b>#16</b>	1.190	20.00
<b>#30</b>	0.595	10.000	<b>#30</b>	0.595	20.00
<b>#50</b>	0.297	10.000	<b>#50</b>	0.297	20.00
<b># 100</b>	0.149	5.000	<b># 100</b>	0.149	15.00

Fuente: ACI 211.3



**Ilustración 84. Curva Granulométrica de Combinación de 20% PET**

Fuente: Propia

Todos los valores de cada tamiz están dentro de los máximos y mínimos. Estos valores están cumpliendo con la norma ACI 211.3.

5.1.7 GRANULOMETRÍA COMBINADA DE 30% TEREFTALATO DE POLIETILENO

**Tabla 22. Resultados de Granulometría de Combinación de 30% PET**



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
LABORATORIO  
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA COMB. DEL 30% PET

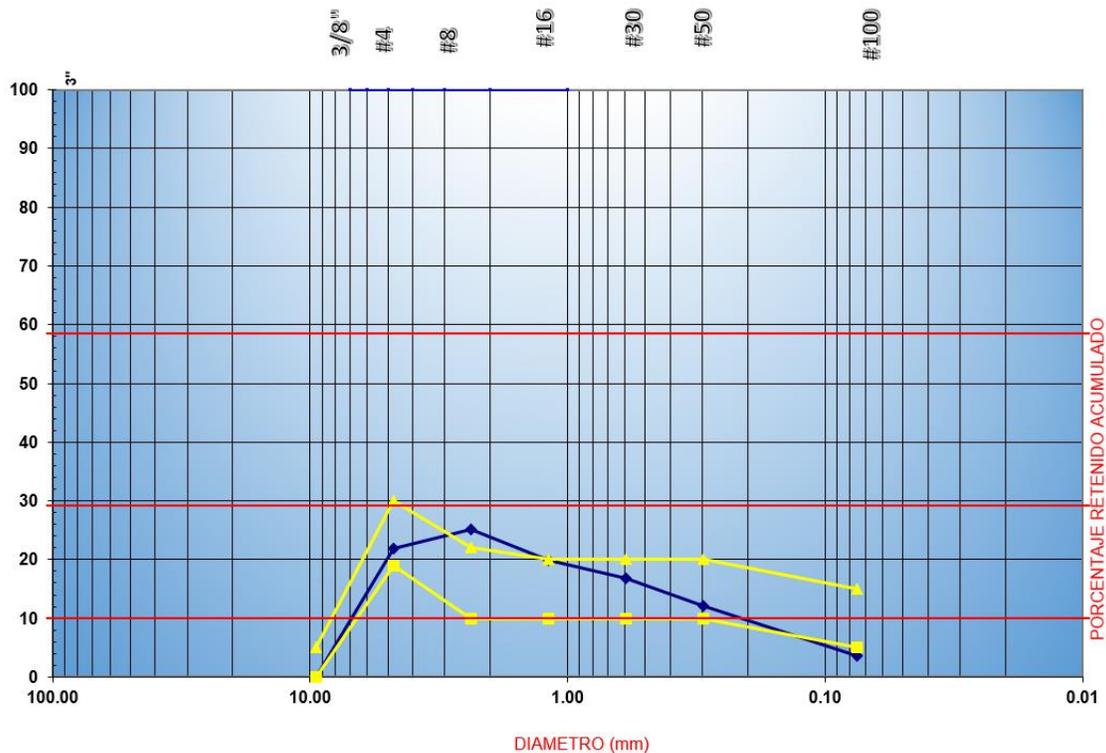
TAMIZ	TAMIZ(mm)	PRI(gr)	PRA(gr)	PRI %	PRA%	Pasado
3/8"	9.51	10.96	10.96	0.44	0.44	99.56
No. 4	4.76	548.40	559.36	21.95	22.39	77.61
No. 8	2.38	628.21	1187.57	25.14	47.53	52.47
No. 16	1.19	498.36	1685.93	19.94	67.47	32.53
No. 30	0.595	421.00	2106.93	16.85	84.32	15.68
No. 50	0.297	302.50	2409.43	12.11	96.43	3.57
No. 100	0.149	88.56	2497.99	3.54	99.97	0.03
<b>FONDO</b>		0.71	2498.70	0.03	100.00	0.00
		2498.7		100.00		

Fuente: Propia

**Tabla 23. Valores de Máximo y Mínimo de Agregados para Bloques**

Mínima			Máxima		
	Tamiz en mm	%Mínimo		Tamiz en mm	%Máximo
3/8	9.510	0.000	3/8	9.510	5.00
#4	4.760	19.000	#4	4.760	30.00
#8	2.380	10.000	#8	2.380	22.00
#16	1.190	10.000	#16	1.190	20.00
#30	0.595	10.000	#30	0.595	20.00
#50	0.297	10.000	#50	0.297	20.00
# 100	0.149	5.000	# 100	0.149	15.00

Fuente: ACI 211.3



**Ilustración 85. Curva Granulométrica de Combinación de 30% PET**

Fuente: Propia

En esta grafica se puede apreciar como los valores en su mayoría están dentro de los valores de máximos y mínimos establecidos. Excluyendo dos tamices, el número 8 que dio un valor mayor al máximo y el tamiz 100 que dio por debajo del mínimo establecido. Sin embargo, se utilizó este mismo agregado.

## 5.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA

A continuación, se presenta los resultados obtenidos por las pruebas de laboratorio y su respectivo análisis al ensayo de gravedad especifica en los agregados gruesos y finos utilizados en la mezcla para la elaboración de los bloques de hormigón. El ensayo de gravedad especifica tiene como objetivo determinar la gravedad especifica del agregado fino (la arena) y agregado grueso (la gravilla) para conocer si el agregado es bueno para la elaboración de mezclas de concreto. Los valores de gravedad especifica tienen que estar dentro del rango de 2.4 a 2.9.

## 5.2.1 GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA ARENA

### Términos y Fórmulas

A= Peso al aire de la muestra seca al horno en gramos.

B= Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración.

C= Peso del picnómetro, con la muestra y el agua en gramos.

D= Peso de la muestra húmeda.

### Fórmulas utilizadas:

#### **Peso Específico Bulk**

$$GE\ Bulk = \frac{A}{B + D - C}$$

#### **Peso específico Bulk saturado con superficie seca**

$$GE\ sss = \frac{D}{(B + D) - C}$$

#### **Peso específico aparente**

$$GE\ Aparente = \frac{A}{(B + A) - C}$$

#### **Porcentaje de Absorción**

$$\% Absorción = \frac{D - A}{A} * 100$$

## Datos Obtenidos del Laboratorio

A= 59.44 gramos.

B=338.46 gramos.

C= 373.62 gramos.

D= 60 gramos.

### 5.2.1.1 Peso Específico Bulk

$$GE \text{ Bulk} = \frac{A}{(B + D) - C}$$

$$GE \text{ Bulk} = \frac{59.44}{338.46 + 60 - 373.62}$$

$$GE \text{ Bulk} = 2.39$$

### 5.2.1.2 Peso Específico Bulk saturado con superficie seca

$$GE \text{ sss} = \frac{D}{(B + D) - C}$$

$$GE \text{ sss} = \frac{60}{(338.46 + 60) - 373.62}$$

$$GE_{sss} = 2.42$$

### 5.2.1.3 Peso Específico Bulk aparente

$$GE_{Aparente} = \frac{A}{(B + A) - C}$$

$$GE_{Aparente} = \frac{59.44}{(338.46 + 59.44) - 373.62}$$

$$GE_{Aparente} = 2.45$$

### 5.2.1.4 Porcentaje de Absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{D - A}{A} * 100$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{60 - 59.44}{59.44} * 100$$

$$\% \text{ Absorción} = 0.94\%$$

## 5.2.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA GRAVA

Términos y Fórmulas

A= Peso de la muestra secada al horno

B= Peso de la muestra SSD

C= Peso de la muestra sumergida

Unidades en gramos.

Fórmulas utilizadas:

### **Gravedad Especifica Bulk Seca**

$$GEBs = \frac{A}{B - C}$$

### **Gravedad Específica Bulk SSD (Saturada con Superficie seca)**

$$GEBssd = \frac{B}{B - C}$$

### **Gravedad específica aparente**

$$GE \text{ Aparente} = \frac{A}{A - C}$$

## Porcentaje de Absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

### Datos Obtenidos del Laboratorio

Peso de la canasta sumergida= 870 gr.

Peso de canasta + muestra sumergida= 1480 gr.

Peso del agregado= 1000.31 gr.

Peso de tara= 199.22 gr.

Peso de muestra sumergida= 1480-870=610gr

Peso de Muestra + tara= 1000.31+199.22=1199.22

Peso de Muestra seca + tara= 1193.49gr

Peso de la muestra seca= 994.27

Datos

A= Peso al aire de la muestra seca al horno – peso de tara=1193.49- 199.22= 994.27gr.

B= Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca=1000.31gr.

C= Peso de la muestra saturada en agua – Canasta sumergida=1480-870= 610gr.

### 5.2.2.1 Gravedad específica Bulk Seca

$$GEBS = \frac{A}{B - C}$$

$$GEBs = \frac{994.27}{1000.31 - 610}$$

$$GEBs = 2.55$$

### 5.2.2.2 Gravedad específica Bulk SSD (Saturada con Superficie seca)

$$GEBssd = \frac{B}{B - C}$$

$$GEBssd = \frac{1000.31}{1000.31 - 610}$$

$$GEBssd = 2.56$$

### 5.2.2.3 Gravedad específica Aparente

$$GE \text{ Aparente} = \frac{A}{A - C}$$

$$GE \text{ Aparente} = \frac{994.27}{994.27 - 610}$$

$$GE \text{ Aparente} = 2.59$$

#### 5.2.2.4 Porcentaje de Absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{1000.31 - 994.27}{994.27} * 100$$

$$\% \text{ Absorción} = 0.61\%$$

### 5.3 PESO VOLUMÉTRICO

A continuación, se presentarán los resultados de peso volumétrico los cuales fueron realizados a los agregados utilizados para la mezcla del bloque de hormigón. El ensayo de peso volumétrico se realiza en base a la norma ASTM C-29. Se realizaron tres ensayos de peso volumétrico los cuales fueron para la arena, gravilla y tereftalato de polietileno respectivamente; con el fin de conocer el peso que tienen los respectivos agregados en cierto volumen utilizado.

**Tabla 24. Tabla de peso volumétrico de la arena**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
LABORATORIO DE CONCRETOS  
ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO**

	<b>Arena</b>	<b>Unidades</b>
<b>Método de Varillado</b>		
<b>Peso de Arena + Molde</b>	22	lbs
<b>Peso Molde</b>	12	lbs
<b>Peso del Agregado</b>	10	lbs
<b>Volumen del molde</b>	0.1	pie <sup>3</sup>
<b>Peso Volumétrico</b>	100	Lb/pie <sup>3</sup>

Fuente Propia.

- Peso del Agregado:

$$\text{Peso del Agregado} = (\text{Peso de Arena} + \text{Molde}) - \text{Molde}$$

$$\text{Peso del Agregado} = (22) - 12$$

$$\text{Peso del Agregado} = 10 \text{ lbs}$$

- Peso del Agregado

$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{\text{Peso del Agregado}}{\text{Volumen del Molde}}$$

$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{10}{0.1}$$

$$\text{Peso Volumetrico} = 100$$

**Tabla 25. Tabla de peso volumétrico del PET**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
LABORATORIO DE CONCRETOS  
ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO**

<b>Método de Varillado</b>	<b>PET</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de PET + Molde</b>	17	lbs
<b>Peso Molde</b>	12	lbs
<b>Peso del Agregado</b>	5	lbs
<b>Volumen del molde</b>	0.1	pie3
<b>Peso Volumétrico</b>	50	Lb/pie3

Fuente Propia.

Formulas:

- Peso del Agregado:

$$\text{Peso del Agregado} = (\text{Peso del PET} + \text{Molde}) - \text{Molde}$$

$$\text{Peso del Agregado} = (17) - 12$$

$$\text{Peso del Agregado} = 5 \text{ lbs}$$

- Peso del Agregado

$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{\text{Peso del Agregado}}{\text{Volumen del Molde}}$$

$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{5}{0.1}$$

$$\text{Peso Volumetrico} = 50$$

**Tabla 26. Tabla de peso volumétrico Grava**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
LABORATORIO DE CONCRETOS  
ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO**

	<b>Grava</b>	<b>Unidades</b>
<b>Método de Varillado</b>		
<b>Peso de Grava + Molde</b>	30	lbs
<b>Peso Molde</b>	1	lbs
<b>Peso del Agregado</b>	29	lbs
<b>Volumen del molde</b>	0.289	pie3
<b>Peso Volumétrico</b>	100.28	Lb/pie3

Fuente Propia.

- **Peso del Agregado:**

$$Peso\ del\ Agregado = (Peso\ de\ Grava + Molde) - Molde$$

$$Peso\ del\ Agregado = (30) - 1$$

$$Peso\ del\ Agregado = 29\ lbs$$

- **Peso del Volumétrico**

$$Peso\ Volumetrico = \frac{Peso\ del\ Agregado}{Volumen\ del\ Molde}$$

$$Peso\ Volumetrico = \frac{29}{0.289}$$

$$Peso\ Volumetrico = 100.28$$

## Calibración de la cubeta

**Tabla 27. Tabla de Calibración de Cubeta**

Calibración de Cubeta	Datos	Unidades
Peso de Recipiente	1	lb
Peso de Recipiente + Agua	19	lb
Peso Neto de Agua	18	lb
Temperatura del Agua	25	°C
Peso específico del Agua	62.2431	lb/ft <sup>3</sup>
Volumen del Recipiente	0.289	ft <sup>3</sup>

Fuente Propia.

- Peso neto del Agua:

$$\text{Peso neto del agua} = (\text{Peso de recipiente} + \text{agua}) - \text{agua}$$

$$\text{Peso neto del agua} = (19) - 1$$

$$\text{Peso neto del agua} = 18 \text{ lbs}$$

- Volumen del Recipiente

$$\text{Volumen del Recipiente} = \frac{\text{Peso neto del Agua}}{\text{Peso específico del Agua}}$$

$$\text{Volumen del Recipiente} = \frac{18}{62.2431}$$

$$\text{Volumen del Recipiente} = 0.289$$

**Tabla 28. Tabla de Calibración de Cubeta**

Temperaturas		lb pie <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
°F	°C		
60	15.6	62.366	999.01
65	18.3	62.336	998.54
70	21.1	62.301	997.97
73.4	23.0	62.274	997.54
75	23.9	62.261	997.32
80	26.7	62.216	996.59
85	29.4	62.166	995.83

#### 5.4 COLORIMETRÍA

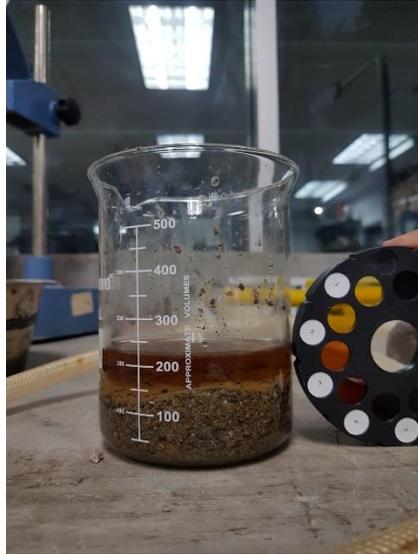
Este ensayo se realiza con el propósito de saber el contenido orgánico que tiene la arena por medio de colores. "El ensayo consiste en detectar la presencia del ácido tánico (proveniente de la descomposición del material orgánico) atacando el agregado con una solución de baja concentración de hidróxido de sodio (NaOH)" (Mata, 2013, Pg. 65)

Esta prueba se conoce también como el ensayo de neutralización porque realmente lo que se hace es neutralizar el ácido con una sal. Para determinar los resultados obtenidos se debe hacer uso de la tabla colorimétrica la cual cada color indica la calidad de la resistencia de la mezcla de concreto que se puede diseñar con ese tipo de agregado.

**Tabla 29. Tabla de Colorimetría con sus respectivos resultados**

No.	Resultado
1	Impurezas orgánicas no afectan concreto. Alta Resistencia.
2	Impurezas orgánicas no afectan concreto. Mediana Resistencia.
3	Impurezas orgánicas no afectan concreto. Baja Resistencia.
4-5	No puede emplearse en la fabricación de Concreto.

Fuente Propia.



**Ilustración 86. Resultado de Colorimetría**

Fuente: Propia

El resultado de la prueba de colorimetría es 3. Esto indica que las impurezas orgánicas no afectan el Concreto de baja resistencia. Esto indica que si se puede utilizar para hacer los bloques de hormigón.

Se recomienda lavar la arena que se utilizó para la elaboración de los bloques ya que los resultados del laboratorio nos dieron 3. Lo cual representa una presencia de material orgánico en la arena.

## **5.5 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

Para realizar un diseño de mezcla para la elaboración de bloques de hormigón, primero se debe determinar la relación A/C la cual significa relación de Agregado y Cemento, los cuales son los más importantes materiales para la elaboración de bloques de hormigón cabe mencionar que esta relación se realiza mediante el proceso de prueba y error dependiendo del tamaño de la planta que fabrica los bloques y su capacidad de compresión, la cual entre mayor es su compresión se tiene una mayor relación agregado cemento. En comparación con el diseño de la

mezcla de concreto la arena y cemento son más importantes en los bloques que la relación agua y cemento la cual es de suma importancia y lo principal para el diseño de concreto, luego le sigue el revenimiento que tendría, la resistencia y el tamaño máximo del árido o agregado a utilizar.

#### **Ecuación 14. Relación Agregado Cemento**

$$\frac{AGREGADO}{CEMENTO} = Relación$$

$$\frac{AGREGADO}{CEMENTO} = 7.94$$

Cemento= 10.00 kilogramos/ mezcla de 6 bloques

$$\frac{AGREGADO}{10.0 Kgs} = 7.94$$

La relación A/C (Agregado y Cemento) se iguala a un valor. Luego se determina la cantidad de agregado dependiendo de los kilogramos de peso del cemento que se vayan a utilizar. Esto depende de la fabricación de los bloques que tanta demanda se tenga o que cantidad de lotes de bloques se estén produciendo.

#### **Ecuación 15. Cantidad de Agregado**

$$AGREGADO = Relación * Peso de Cemento$$

$$AGREGADO = 7.94 * 10.0 Kgs$$

$$AGREGADO = 100.00 Kgs$$

Una vez que se haya determinado la cantidad del agregado en peso se determina el porcentaje que se utilizará de agregado fino o arena y de agregado grueso o gravilla para la elaboración del bloque. Estos porcentajes dependerán del uso y de qué tipo de bloque se quiere realizar; cual será el fin o propósito del bloque.

**Ecuación 16. Cantidad de Agregado Fino sin contenido de humedad**

$$\text{Agregado Fino} = \% \text{Porcentaje de Agregado Fino} * (\text{AGREGADO})$$

$$\text{Agregado Fino} = 50\% * (100.00 \text{ Kgs}) = 50 \text{ Kgs}$$

**Ecuación 17. Cantidad de Agregado Fino con contenido de humedad**

$$\text{Agregado Fino} = \text{Peso en Kilogramos} * \% \text{Contenido de Humedad}$$

$$\text{Agregado Fino} = 50 \text{ Kgs} * 1.148 = 57.40 \text{ Kgs}$$

**Ecuación 18. Cantidad de Agregado Grueso sin contenido de humedad**

$$\text{Agregado Grueso} = \% \text{Porcentaje de Agregado Grueso} * (\text{AGREGADO})$$

$$\text{Agregado Grueso} = 50\% * (100.00 \text{ Kgs}) = 50 \text{ Kgs}$$

**Ecuación 19. Cantidad de Agregado Grueso con contenido de humedad**

$$\text{Agregado Grueso} = \text{Peso en Kilogramos} * \% \text{Contenido de Humedad}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 50 \text{ Kgs} * 1.11 = 55.50 \text{ Kgs}$$

Una vez determinando el porcentaje de arena y gravilla que se utilizaran para la mezcla, se multiplica por el peso total del agregado a utilizar para determinar el peso de cada uno de los agregados y luego se multiplica cada uno por los factores de porcentaje de humedad que cada agregado tenga. Ya con ese resultado se obtienen las cantidades para la elaboración de mezcla para bloques. En adición a dicho proceso, el agua a utilizar no tiene mucha variedad oscila entre valores de 3 a 5 kg por mezcla realizada.

- Dosificación para Bloque Control

Cemento= 10.00 Kilogramos

Arena= 57.40 Kilogramos

Gravilla= 55.50 Kilogramos

Para los demás bloques se realizó una sustitución en volumen de la arena por el tereftalato de polietileno. Se determinó que el 10% de la sustitución de la arena por el PET da una cantidad en peso del PET de 1.15 kilogramos gracias al peso volumétrico calculado anteriormente. Y la cantidad que se remueve de la arena la cual es el 10% en volumen da una cantidad en peso de 5.80 kilogramos.

Para el bloque de 20% PET se sustituye el doble en kilogramos de arena y se coloca el doble de PET en peso.

- Dosificación para Bloque 10% PET

Cemento= 10.00 Kilogramos

Arena= 51.60 Kilogramos

Gravilla= 55.50 Kilogramos

PET= 1.15 Kilogramos

- Dosificación para Bloque 10% PET con Aditivo

Cemento= 10.00 Kilogramos

Arena= 51.60 Kilogramos

Gravilla= 55.50 Kilogramos

PET= 1.15 Kilogramos

Aditivo Admix BloQ= 2.0 Onzas

- Dosificación para Bloque 20% PET

Cemento= 10.00 Kilogramos

Arena= 45.80 Kilogramos

Gravilla= 55.50 Kilogramos

PET= 2.30 Kilogramos

- Dosificación para Bloque 20% PET con Aditivo

Cemento= 10.00 Kilogramos

Arena= 45.80 Kilogramos

Gravilla= 55.50 Kilogramos

PET= 2.30 Kilogramos

Aditivo Admix BloQ= 2.0 Onzas

- Dosificación para Bloque 30% PET

Cemento= 10.00 Kilogramos

Arena= 40.00 Kilogramos

Gravilla= 55.50 Kilogramos

PET= 3.45 Kilogramos

- Dosificación para Bloque 30% PET con Aditivo

Cemento= 10.00 Kilogramos

Arena= 40.00 Kilogramos

Gravilla= 55.50 Kilogramos

PET= 3.45 Kilogramos

Aditivo Admix BloQ= 2.0 Onzas

**Tabla 30. Cuadro resumen de dosificaciones**

Resumen de Dosificaciones de Bloques					
Tipo de bloque/Materiales	Cemento(kg)	Arena(kg)	Gravilla(kg)	PET(kg)	Aditivo(onz)
Bloque Base	10.00	57.40	55.50	0.00	0.00
10% PET	10.00	51.60	55.50	1.15	0.00
10% PET + A	10.00	51.60	55.50	1.15	2.00
20% PET	10.00	45.80	55.50	2.30	0.00
20% PET + A	10.00	45.80	55.50	2.30	2.00
30% PET	10.00	40.00	55.50	3.45	0.00
30% PET + A	10.00	40.00	55.50	3.45	2.00

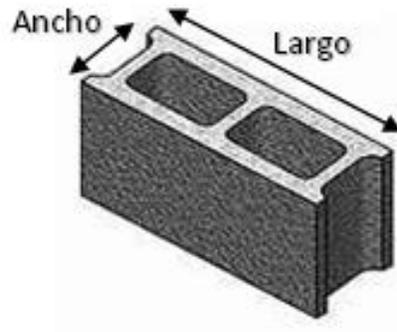
Fuente: Propia

## 5.6 ANÁLISIS MECÁNICO EN BLOQUES A 7 DÍAS

A continuación, se detallan los análisis mecánicos realizados a las diferentes muestras de bloques las cuales son:

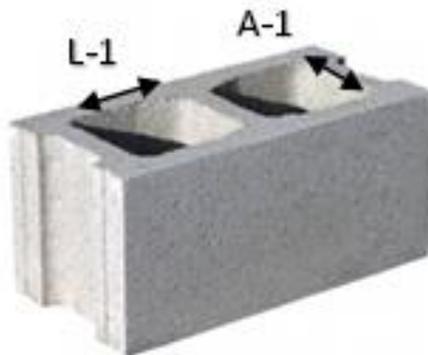
- BB- Bloque Base o Bloque Control.
- B10- Bloque con sustitución de 10% de PET.
- B10A- Bloque con sustitución de 10% de PET más aditivo para bloque de concreto.
- B20- Bloque con sustitución de 20% de PET.

- B20A- Bloque con sustitución de 20% de PET más aditivo para bloque de concreto.
- B30- Bloque con sustitución de 30% de PET.
- B30A- Bloque con sustitución de 30% de PET más aditivo para bloque de concreto.



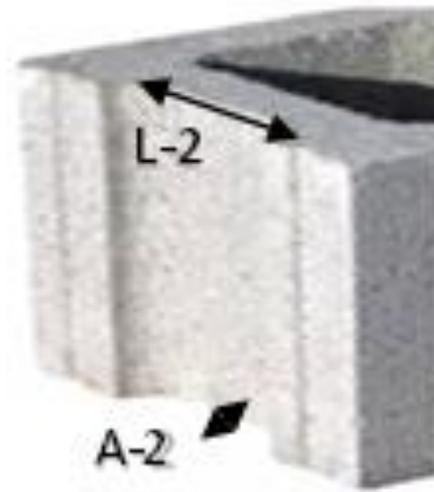
**Ilustración 87. Nomenclatura de Ancho y Largo**

Según la Ilustración 79 se determinó de donde se obtiene el valor del Ancho y el largo que a continuación se necesitará para la Ecuación 14.



**Ilustración 88. Nomenclatura del valor de L-1 y A-1**

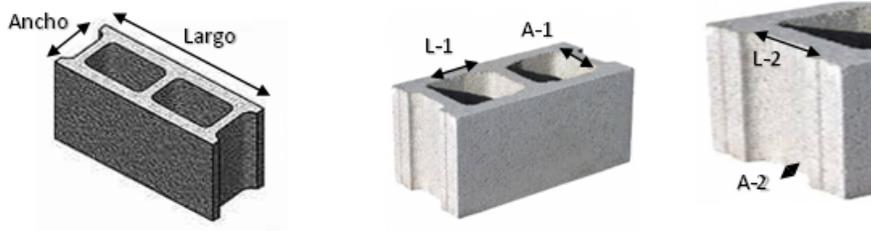
Según la Ilustración 87 se determinó de donde se obtiene el valor del L-1 y A-1 que a continuación se necesitara para la Ecuación 14



**Ilustración 89. Nomenclatura del valor de L-2 y A-2**

Según la Ilustración 88 se determinó de donde se obtiene el valor del L-2 y A-2 que a continuación se necesitara para la Ecuación 14.

**Tabla 31. Cálculo de Área Neta y Resistencia a compresión de los bloques**



Peso del bloque	Ancho	Largo	A1	L1	A2	L2
Muestra 1	27.25 lbs	5.63 plgs.	15.71 plgs.	5.28 plgs.	7.09 plgs.	0.86 plgs.
Muestra 2	27.54 lbs	5.64 plgs.	15.73 plgs.	5.26 plgs.	7.07 plgs.	0.87 plgs.
Muestra 3	27.26 lbs	5.66 plgs.	15.75 plgs.	5.24 plgs.	7.06 plgs.	0.84 plgs.
Muestra 4	27.26 lbs	5.66 plgs.	15.75 plgs.	5.24 plgs.	7.06 plgs.	0.84 plgs.

	Area 1 Ancho x Largo	Area 2 A1 x L1	Area 3 A2 x L2	Area Neta Area 1 - Area 2 - Area 3
Muestra 1	88.45	37.44	2.37	48.64 plgs <sup>2</sup>
Muestra 2	88.72	37.19	2.42	49.11 plgs <sup>2</sup>
Muestra 3	89.15	36.99	2.30	49.85 plgs <sup>2</sup>
Muestra 4	89.15	36.99	2.30	49.85 plgs <sup>2</sup>

Medicion	Maquina de Compresion	Resistencia de Bloques Mmc/Area Neta
Muestra 1	39630	816.64 psi
Muestra 2	39963	815.57 psi
Muestra 3	40120	806.64 psi
Muestra 3	42120	846.76 psi
<b>Resistencia de bloque</b>		<b>812.95 psi</b>

Fuente Propia.



**Ilustración 90. Proceso de secado de los bloques al horno**

Fuente Propia

El proceso de secado de los bloques al horno se realiza con el fin de encontrar el peso de secado al horno de los bloques "WD" el cual ayuda para encontrar ciertas características del bloque tales como:

- Densidad del bloque.
- Absorción del bloque.
- El porcentaje de Absorción del bloque.
- El contenido de humedad.

**Ecuación 20. Área de compresión del bloque**

$$Area1 = Ancho * Largo$$

**Ecuación 21. Área de compresión del bloque**

$$Area2 = (2 * (A1 * L1))$$

**Ecuación 22. Área de compresión del bloque**

$$Area3 = (2 * (A2 * L2))$$

**Ecuación 23. Área de compresión del bloque**

$$Area\ de\ compresión = Area1 - Area2 - Area3$$

**Ecuación 24. Resistencia de Compresión**

$$Resistencia\ de\ Compresión(RC) = \frac{Libras\ fuerza}{Area\ de\ compresión\ del\ bloque}$$

**Ecuación 25. Promedio de Resistencia de Compresión**

$$Promedio\ de\ Resistencia\ de\ Compresión = \frac{RC1 + RC2 + RC3 + RC4}{4}$$

## 5.6.1 CÁLCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE CONTROL

### 5.6.1.1 Bloque control #1

El peso del Bloque Control #1 fue de 30.06 libras.



**Ilustración 91. Peso del Bloque Control #1**

Fuente Propia



**Ilustración 92. Lectura de Bloque Control #1 en la máquina de compresión**

Fuente Propia.

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque control #1 fue de 50,040.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 50,130.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloqe}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{50,130.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 1,136.67 \text{ psi}$$

#### 5.6.1.2 Bloque control #2

El peso del Bloque Control #2 fue de 28.76 libras.



**Ilustración 93. Peso del Bloque Control #2**

Fuente Propia



**Ilustración 94. Lectura de Bloque Control #2 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque control #2 fue de 33,350.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 33,440.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{33,440.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 758.23 \text{ psi}$$

### 5.6.1.3 Bloque control #3

El peso del Bloque Control #3 fue de 28.56 libras.



**Ilustración 95. Peso del Bloque Control #3**

Fuente Propia



**Ilustración 96. Lectura de Bloque Control #3 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque control #3 fue de 32,070.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 32,160.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{32,160.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 729.21 \text{ psi}$$

#### 5.6.1.4 Bloque control #4

El peso del Bloque Control #4 fue de 29.30 libras.



**Ilustración 97. Peso del Bloque Control #4**

Fuente Propia



**Ilustración 98. Lectura de Bloque Control #4 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque control #4 fue de 49,020.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 49110.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{49,110.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Copresión} = 1,113.54 \text{ psi}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = \frac{1,136.67 + 758.23 + 729.21 + 1,113.54}{4}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = 934.41 \text{ psi}$$

## 5.6.2 CALCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 10 % PET

### 5.6.2.1 Bloque 10% PET #1

El peso del Bloque 10% PET #1 fue de 28.60 libras.



**Ilustración 99. Peso del Bloque 10% PET #1**

Fuente Propia



### Ilustración 100. Lectura de Bloque 10% PET #1 en la máquina de compresión

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 10% PET #1 fue de 28,770.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 28,860.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{28,860.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 654.38 \text{ psi}$$

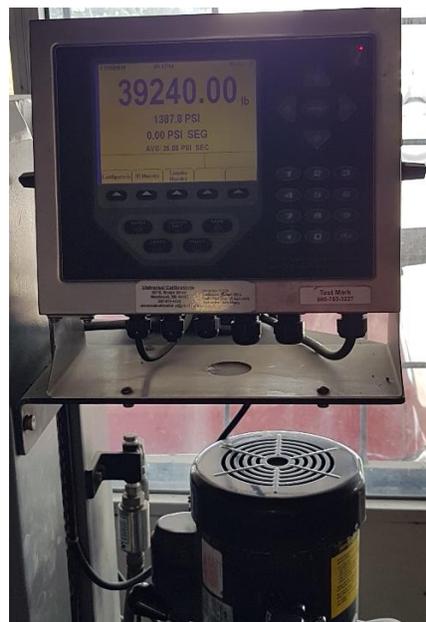
### 5.6.2.2 Bloque 10% PET #2

El peso del Bloque 10% PET #2 fue de 28.64 libras.



**Ilustración 101. Peso del Bloque 10% PET #2**

Fuente Propia



**Ilustración 102. Lectura de Bloque 10% PET #2 en la máquina de compresión**

Fuente Propia.

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 10% PET #2 fue de 39,240.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 39,330.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{39,330.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 891.79 \text{ psi}$$

### 5.6.2.3 Bloque 10% PET #3

El peso del Bloque 10% PET #3 fue de 28.52 libras.



**Ilustración 103. Peso del Bloque 10% PET #3**

Fuente Propia



**Ilustración 104. Lectura de Bloque 10% PET #3 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 10% PET #3 fue de 41,220.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 41,310.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{41,310.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 936.68 \text{ psi}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = \frac{654.38 + 891.79 + 936.68}{3}$$

*Promedio de Resistencia de Compresión = 827.62 psi*

### 5.6.3 CALCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 10 % PET Y ADITIVO

#### 5.6.3.1 Bloque 10% PET y Aditivo #1

El peso del Bloque 10% PET con Aditivo #1 fue de 29.88 libras.



**Ilustración 105. Peso del Bloque 10% PET con Aditivo #1**

Fuente Propia



**Ilustración 106. Lectura de Bloque 10% PET+Aditivo #1 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 10% PET con Aditivo #1 fue de 57,260.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 57,350.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{57,350.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 1,300.38 \text{ psi}$$

### 5.6.3.2 Bloque 10% PET y Aditivo #2

El peso del Bloque 10% PET con Aditivo #2 fue de 29.44 libras.



**Ilustración 107. Peso del Bloque 10% PET con Aditivo #2**

Fuente Propia



**Ilustración 108. Lectura de Bloque 10% PET+Aditivo #2 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 10% PET con Aditivo #2 fue de 51,090.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 51,180.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{51,180.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 1,160.48 \text{ psi}$$

### 5.6.3.3 Bloque 10% PET y Aditivo #3

El peso del Bloque 10% PET con Aditivo #3 fue de 29.58 libras.



**Ilustración 109. Peso del Bloque 10% PET con Aditivo #3**

Fuente Propia



**Ilustración 110. Lectura de Bloque 10%+Aditivo #3 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 10% PET con Aditivo #3 fue de 41,940.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 42,030.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{42,030.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 953.01 \text{ psi}$$

#### 5.6.3.4 Bloque 10% PET y Aditivo #4

El peso del Bloque 10% PET con Aditivo #4 fue de 29.86 libras.



**Ilustración 111. Peso del Bloque 10% PET con Aditivo #4**

Fuente Propia



**Ilustración 112. Lectura de Bloque 10% PET+Aditivo #4 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 10% PET con Aditivo #4 fue de 49,960.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 50,050.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Copresión} = \frac{50,050.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 1,134.86 \text{ psi}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = \frac{1,300.38 + 1,160.48 + 953.01 + 1,134.86}{4}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = 1,137.18 \text{ psi}$$

## 5.6.4 CALCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 20 %

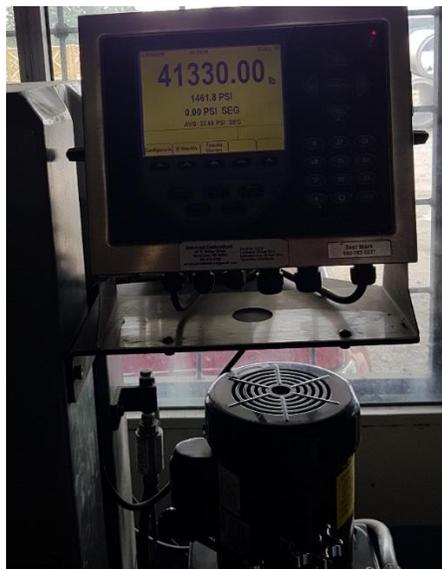
### 5.6.4.1 Bloque 20% PET #1

El peso del Bloque 20% PET #1 fue de 29.46 libras.



**Ilustración 113. Peso del Bloque 20% PET #1**

Fuente Propia



**Ilustración 114. Lectura de Bloque 20% PET #1 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 20% PET #1 fue de 41,330.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 41,420.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión el bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{41,420.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 939.18 \text{ psi}$$

#### 5.6.4.2 Bloque 20% PET #2

El peso del Bloque 20% PET #2 fue de 29.50 libras.



**Ilustración 115. Peso del Bloque 20% PET #2**

Fuente Propia



**Ilustración 116. Lectura de Bloque 20% PET #2 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 20% PET #2 fue de 38,170.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 38,260.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloqu}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{41,420.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 867.52 \text{ psi}$$

### 5.6.4.3 Bloque 20% PET #3

El peso del Bloque 20% PET #3 fue de 27.98 libras.



**Ilustración 117. Peso del Bloque 20% PET #3**

Fuente Propia



**Ilustración 118. Lectura de Bloque 20% PET #3 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 20% PET #3 fue de 37,150.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 37,240.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión dl bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{37,240.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 844.40 \text{ psi}$$

#### 5.6.4.4 Bloque 20% PET #4

El peso del Bloque 20% PET #4 fue de 27.78 libras.



**Ilustración 119. Peso del Bloque 20% PET #4**

Fuente Propia



**Ilustración 120. Lectura de Bloque 20% PET #4 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 20% PET #4 fue de 28,540.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 28,630.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{28,630.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 649.17 \text{ psi}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = \frac{939.18 + 867.52 + 844.40 + 649.17}{4}$$

*Promedio de Resistencia de Compresión = 825.07 psi*

#### 5.6.5 CALCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 20 % PET Y ADITIVO

##### 5.6.5.1 Bloque 20% PET y Aditivo #1

El peso del Bloque 20% PET con Aditivo #1 fue de 28.60 libras.



**Ilustración 121. Peso del Bloque 20% PET con Aditivo #1**

Fuente Propia



**Ilustración 122. Lectura de Bloque 20% PET con Aditivo #1 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 20% PET con Aditivo #1 fue de 34,570.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 34,660.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{34,660.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 785.90 \text{ psi}$$

#### 5.6.5.2 Bloque 20% PET y Aditivo #2

El peso del Bloque 20% PET con Aditivo #2 fue de 28.84 libras.



**Ilustración 123. Peso del Bloque 20% PET con Aditivo #2**

Fuente Propia



**Ilustración 124. Lectura de Bloque 20% PET con Aditivo #2 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 20% PET con Aditivo #2 fue de 43,350.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 43,440.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{43,440.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 984.98 \text{ psi}$$

### 5.6.5.3 Bloque 20% PET y Aditivo #3

El peso del Bloque 20% PET con Aditivo #3 fue de 28.86 libras.



**Ilustración 125. Peso del Bloque 20% PET con Aditivo #3**

Fuente Propia



**Ilustración 126. Lectura de Bloque 20% PET con Aditivo #3 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 20% PET con Aditivo #3 fue de 29,670.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 29,760.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{29,760.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 674.79 \text{ psi}$$

#### 5.6.5.4 Bloque 20% PET y Aditivo #4

El peso del Bloque 20% PET con Aditivo #4 fue de 28.58 libras.



**Ilustración 127. Peso del Bloque 20% PET con Aditivo #4**

Fuente Propia



**Ilustración 128. Lectura de Bloque 20% PET con Aditivo #4 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 20% PET con Aditivo #4 fue de 33,940.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 34,030.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{34,030.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 771.61 \text{ psi}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = \frac{785.90 + 984.98 + 674.79 + 771.61}{4}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = 804.32 \text{ psi}$$

## 5.6.6 CALCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 30 % PET

### 5.6.6.1 Bloque 30% PET #1

El peso del Bloque 30% PET #1 fue de 27.30 libras.



**Ilustración 129. Peso del Bloque 30% PET #1**

Fuente Propia



**Ilustración 130. Lectura de Bloque 30% PET #1 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 30% PET #1 fue de 27,700.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 27,790.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{27,790.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 630.12 \text{ psi}$$

### 5.6.6.2 Bloque 30% PET #2

El peso del Bloque 30% PET #2 fue de 27.06 libras.



**Ilustración 131. Peso del Bloque 30% PET #2**

Fuente Propia



**Ilustración 132. Lectura de Bloque 30% PET #2 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 30% PET #2 fue de 20,240.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 20,330.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{20,330.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 460.97 \text{ psi}$$

### 5.6.6.3 Bloque 30% PET #3

El peso del Bloque 30% PET #3 fue de 26.62 libras.



**Ilustración 133. Peso del Bloque 30% PET #3**

Fuente Propia



**Ilustración 134. Lectura de Bloque 30% PET #3 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 30% PET #3 fue de 23,340.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 23,430.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{23,430.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

*Resistencia de Compresión = 531.26 psi*

#### 5.6.6.4 Bloque 30% PET #4

El peso del Bloque 30% PET #4 fue de 27.08 libras.



**Ilustración 135. Peso del Bloque 30% PET #4**

Fuente Propia



**Ilustración 136. Lectura de Bloque 30% PET #4 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 30% PET #4 fue de 18,160.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 18,250.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{18,250.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 413.81 \text{ psi}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = \frac{630.12 + 460.97 + 531.26 + 413.81}{4}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = 509.04 \text{ psi}$$

## 5.6.7 CÁLCULO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL BLOQUE 30 % PET

### 5.6.7.1 Bloque 30% PET #1

El peso del Bloque 30% PET con Aditivo #1 fue de 27.60 libras.



**Ilustración 137. Peso del Bloque 30% PET con Aditivo #1**

Fuente Propia



**Ilustración 138. Lectura de Bloque 30% PET con Aditivo #1 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 30% PET con Aditivo #1 fue de 42,160.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 42,250.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{42,250.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 958.00 \text{ psi}$$

### 5.6.7.2 Bloque 30% PET y Aditivo #2

El peso del Bloque 30% PET con Aditivo #2 fue de 28.36 libras.



**Ilustración 139. Peso del Bloque 30% PET con Aditivo #2**

Fuente Propia



**Ilustración 140. Lectura de Bloque 30% PET con Aditivo #2 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 30% PET con Aditivo #2 fue de 42,300.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 42,390.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{42,390.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 961.17 \text{ psi}$$

### 5.6.7.3 Bloque 30% PET y Aditivo #3

El peso del Bloque 30% PET con Aditivo #3 fue de 28.92 libras.



**Ilustración 141. Peso del Bloque 30% PET con Aditivo #3**



**Ilustración 142. Lectura de Bloque 30% PET con Aditivo #3 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 30% PET con Aditivo #3 fue de 39,860.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 39,950.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Comresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{39,950.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

*Resistencia de Compresión = 905.84 psi*

#### 5.6.7.4 Bloque 30% PET y Aditivo #4

El peso del Bloque 30% PET con Aditivo #4 fue de 29.38 libras.



**Ilustración 143. Peso del Bloque 30% PET con Aditivo #4**

Fuente Propia



**Ilustración 144. Lectura de Bloque 30% PET con Aditivo #4 en la máquina de compresión**

Fuente Propia

La lectura que brindó la máquina de compresión para el bloque 30% PET con Aditivo #4 fue de 41,330.00 libras a esto se le suman 90 libras por el peso de las placas utilizadas en la prueba de compresión en el bloque dando un total de 41,420.00 libras; las cuales fueron distribuidas en un área de compresión calculada anteriormente según la Ecuación 23. La cual dio como resultado un área de 44.10 pulgadas cuadradas. Obteniendo así un esfuerzo a compresión de:

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

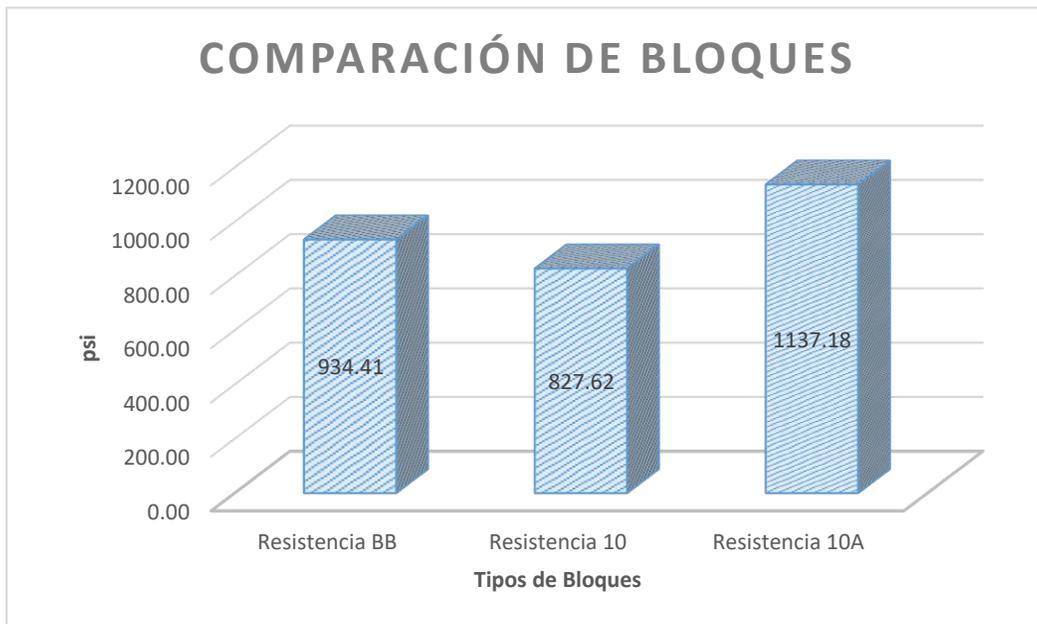
$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{41,420.00 \text{ libras}}{44.10 \text{ pulg}^2}$$

$$\text{Resistencia de Compresión} = 939.18 \text{ psi}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = \frac{958.00 + 961.17 + 905.84 + 939.18}{4}$$

$$\text{Promedio de Resistencia de Compresión} = 941.05 \text{ psi}$$

#### 5.6.8 COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS BLOQUES BB, 10%PET Y 10%+ADITIVO



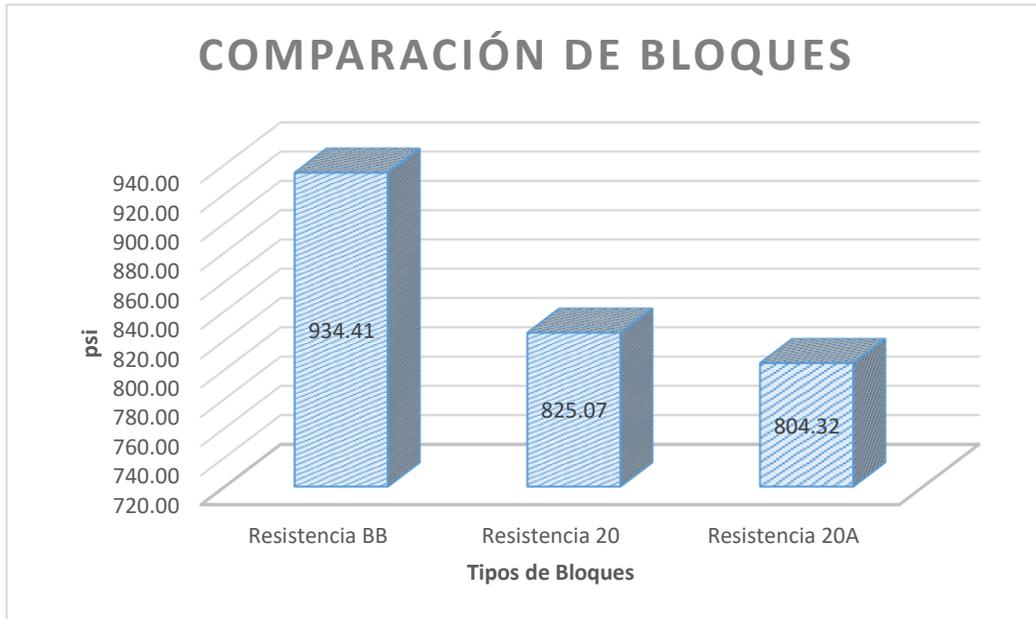
**Ilustración 145. Comparación de la resistencia entre bloques BB, 10% y 10%+Aditivo**

Fuente: Propia

En base a los resultados obtenidos en la prueba de compresión de los bloques el bloque base o control dio una resistencia de 934.41 psi, el bloque con 10% de PET y 10% de PET con aditivo obtuvieron una resistencia de 827.62 psi y 1,137.18 psi respectivamente. El bloque con 10% de PET está por debajo del bloque base no obstante cumple con la norma ASTM C 129 la cual indica que la resistencia mínima es de 600 psi. Por otra parte, el bloque con 10% de PET con aditivo alcanzó una mayor resistencia; incluso llegando a convertirse, por su resistencia, en un bloque estructural según la norma ASTM C 90. Dado los resultados se puede determinar que la hipótesis

(H1) no es válida, por ende, se aprueba la hipótesis nula (H0-1); la hipótesis (H4) se valida porque la resistencia del bloque con 10% de PET con aditivo dio una mayor resistencia que el bloque control o base.

#### 5.6.9 COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS BLOQUES BB, 20%PET Y 20%+ADITIVO

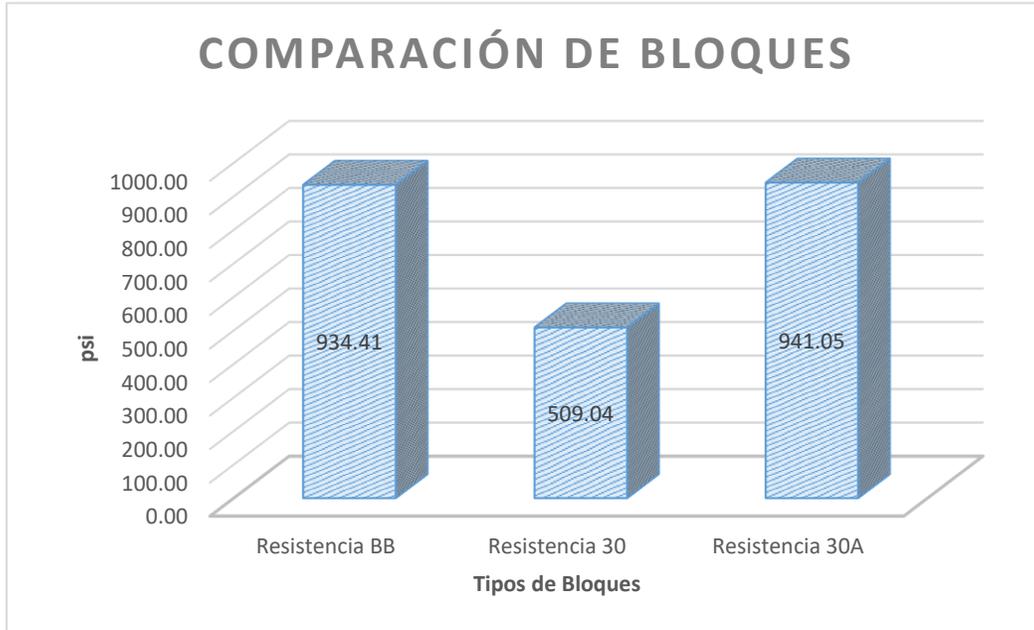


**Ilustración 146. Comparación de la resistencia entre bloques BB, 20% y 20%+Aditivo**

Fuente: Propia

El bloque de 20% de PET y 20% de PET con aditivo alcanzaron una resistencia de 825.07 psi y 804.32 psi respectivamente. Ambos especímenes tienen una menor resistencia en comparación con la de los bloques del 10% de tereftalato de polietileno y con el bloque base, por ende, se determina que las hipótesis (H2) y (H5) no son válidas, lo cual conlleva con la aceptación de la hipótesis nula (H0-2) y (H0-5).

### 5.6.10 COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS BLOQUES BB, 30%PET Y 30%+ADITIVO



**Ilustración 147. Comparación de la resistencia entre bloques BB, 30% y 30%+Aditivo**

Fuente: Propia

El bloque de 30% de PET y 30% de PET con aditivo obtuvieron una resistencia de 509.04 psi y 941.05 psi. En el bloque de 30% de PET se dio el caso de que no cumplió con la norma ASTM C 129 ya que no llegó a los 600 psi, dando como resultado que la hipótesis ( $H_3$ ) no es válida; por otra parte, el bloque de 30% de PET con aditivo estuvo por encima del bloque control, el bloque de 30% de PET y por los bloques de 20% de tereftalato de polietileno; dando así la aprobación de la hipótesis ( $H_6$ ).

**Tabla 32. Resumen de Resultados de Resistencia a Compresión de Bloques**

<b>Resultados de Resistencia a Compresión de Bloques</b>		
<b>Tipo de Bloque</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Unidad</b>
Bloque Base	934.41	psi
10% PET	827.62	psi
10% PET + A	1137.18	psi
20% PET	825.07	psi
20% PET + A	804.32	psi
30% PET	509.04	psi
30% PET + A	941.05	psi

Fuente: Propia

## 5.7 CARACTERIZACIÓN DE LOS BLOQUES

Seguidamente se presenta la caracterización de bloques, la cual se basa de la Norma ASTM C140 la cual determina los parámetros de aceptación para los bloques de concreto en cuanto a la caracterización, dentro de esta caracterización se encuentran los siguientes:

- Densidad del bloque
- Absorción presente en los bloques
- % de Absorción por bloque
- Contenido de humedad en el bloque
- Volumen Neto del bloque
- Área Neta promedio

Términos:

WD= Peso de muestra al recibirla

WS= Peso de muestra saturada con superficie seca

WI= Peso sumergido y suspendido

WD= Peso seco al horno

Vn= Volumen Neto

Para el cálculo de la densidad del bloque se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación 26. Densidad del bloque**

$$\frac{WD}{WS - W}$$

Para el cálculo de la absorción del bloque se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación 27. Absorción del bloque**

$$\frac{WS - WD}{WS - WI} \times 62.4$$

Para el cálculo del porcentaje de absorción del bloque se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación 28. Porcentaje de absorción del bloque**

$$\frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

Para el cálculo del contenido de humedad del bloque se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación 29. Contenido de humedad del bloque**

$$\frac{WR - WD}{WD} \times 100$$

Para el cálculo del volumen neto del bloque se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación 30. Volumen Neto del bloque**

$$\frac{WR - WI}{62.4} \times 100$$

Para el cálculo del área neta del bloque se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación 31. Área neta del bloque**

$$\frac{Vn \times 1728}{H} \times 100$$

5.7.1 DENSIDAD DE LOS BLOQUES

5.7.1.1 Densidad del Bloque Base o Bloque Control

$$\frac{WD}{WS - WI}$$

$$\frac{28.7}{30.7 - 17.6} = 2.19 \text{ lbs/pie}^3$$

5.7.1.2 Densidad del Bloque 10% PET

$$\frac{WD}{WS - WI}$$

$$\frac{27.2}{29.4 - 16.5} = 2.12 \text{ lbs/pie}^3$$

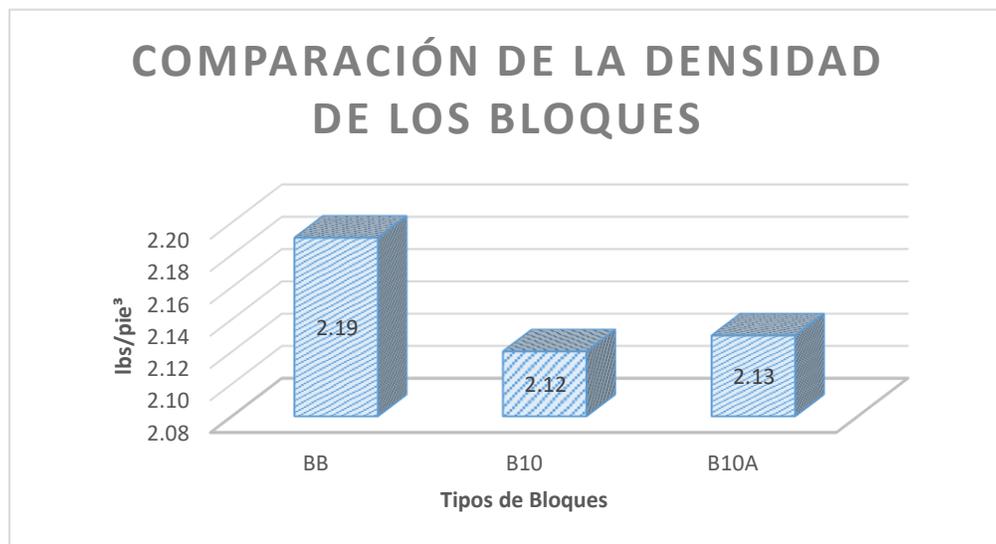
### 5.7.1.3 Densidad del Bloque 10% PET y Aditivo

$$\frac{WD}{WS - WI}$$

$$\frac{28.8}{30.9 - 17.4} = 2.13 \text{ lbs/pie}^3$$

### 5.7.1.4 Comparación de la densidad entre los bloques base, 10% y 10%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico las diferentes densidades que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B10 (Bloque con 10% PET) y el B10A (Bloque 10% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 148. Grafica comparativa de densidad entre bloques BB, B10 y B10A**

Fuente: Propia

#### 5.7.1.5 Densidad del Bloque 20% PET

$$\frac{WD}{WS - WI}$$

$$\frac{26.5}{28.4 - 15.8} = 2.10 \text{ lbs/pie}^3$$

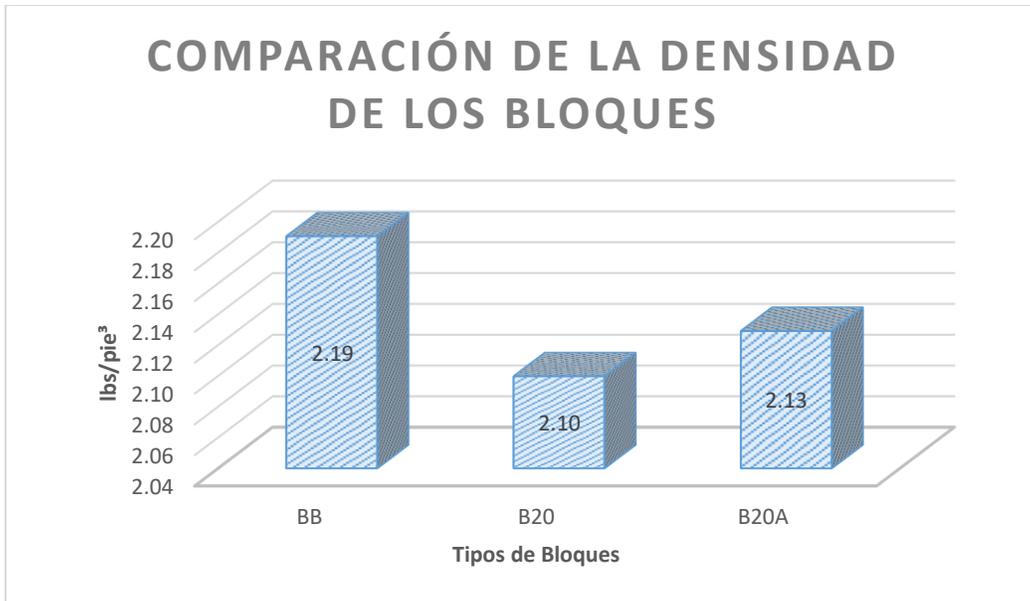
#### 5.7.1.6 Densidad del Bloque 20% PET y Aditivo

$$\frac{WD}{WS - WI}$$

$$\frac{27.4}{28.6 - 15.8} = 2.13 \text{ lbs/pie}^3$$

#### 5.7.1.7 Comparación de la densidad entre los bloques base, 20% y 20%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico las diferentes densidades que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B20 (Bloque con 20% PET) y el B20A (Bloque 20% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 149. Grafica comparativa de densidad entre bloques BB, B20 y B20A**

Fuente: Propia

#### 5.7.1.8 Densidad del Bloque 30% PET

$$\frac{WD}{WS - WI}$$

$$\frac{26.7}{28.22 - 15.32} = 2.07 \text{ lbs/ft}^3$$

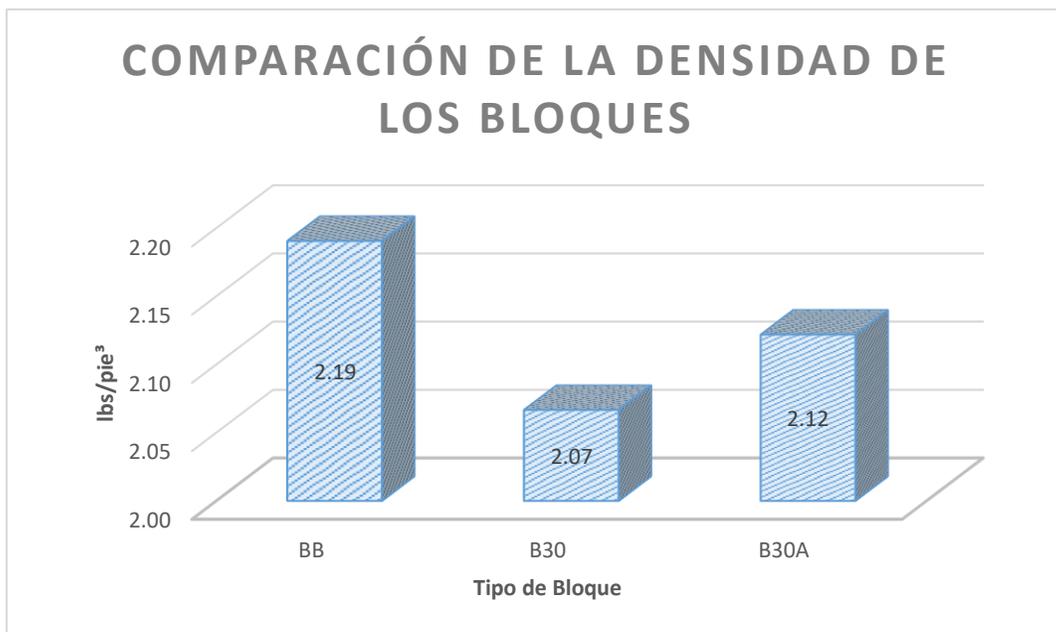
#### 5.7.1.9 Densidad del Bloque 30% PET y Aditivo

$$\frac{WD}{WS - WI}$$

$$\frac{27.5}{29.1 - 16.1} = 2.12 \text{ lbs/pie}^3$$

#### 5.7.1.10 Comparación de la densidad entre los bloques BB, 30% y 30%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico las diferentes densidades que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B30 (Bloque con 30% PET) y el B20A (Bloque 30% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 150. Grafica comparativa de densidad entre bloques BB, B30 y B30A**

Fuente: Propia

### 5.7.1.11 Resumen Comparativo de la densidad de los bloques

**Tabla 33. Resumen de Resultados de Densidad de los Bloques**

Comparación de la Densidad de los Bloques

Bloque Base	2.19	lbs/pie <sup>3</sup>
10% PET	2.12	lbs/pie <sup>3</sup>
10% PET + A	2.13	lbs/pie <sup>3</sup>
20% PET	2.1	lbs/pie <sup>3</sup>
20% PET + A	2.13	lbs/pie <sup>3</sup>
30% PET	2.07	lbs/pie <sup>3</sup>
30% PET + A	2.12	lbs/pie <sup>3</sup>

Fuente: Propia

En base a los resultados obtenidos en las pruebas de densidad de los bloques se puede apreciar que el bloque base o control dio una densidad de 2.19 Lbs/pie<sup>3</sup>, el bloque de 10% de PET fue de 2.12 Lbs/pie<sup>3</sup> y el bloque de 10% de PET con aditivo dio un resultado de 2.12 Lbs/pie<sup>3</sup>. Como se puede apreciar el bloque control o base tiene una mayor densidad que los bloques que contienen el tereftalato esto se da porque el bloque control es más pesados que los demás bloques, ya que el uso del PET hace que los bloques tengan un menor peso. En el bloque de 20% de PET la densidad es de 2.12 Lbs/pie<sup>3</sup>, para el bloque de 20% de PET con aditivo la densidad es de 2.13 Lbs/pie<sup>3</sup>, asimismo el bloque de 20% de PET y 20% de PET con aditivo obtuvieron una densidad de 2.10 Lbs/pie<sup>3</sup> y 2.13 Lbs/pie<sup>3</sup> respectivamente. Como se puede apreciar en los resultados entre más porcentaje y cantidad de tereftalato que se estaba utilizando menor era la densidad de los bloques por el hecho que estos tenían un menor peso. Otro punto que se puede apreciar es que los bloques con PET sin el uso de aditivo son los que tienen una mayor densidad dando como resultado que el aditivo utilizado hace que incremente un poco su densidad.

## 5.7.2 ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES

### 5.7.2.1 Absorción del Bloque Base o Bloque Control

$$\frac{WS - WD}{WS - WI} \times 62.4$$

$$\frac{30.7 - 28.7}{30.7 - 17.6} \times 62.4 = 0.15 \text{ lbs/pie}^3$$

### 5.7.2.2 Absorción del Bloque 10% PET

$$\frac{WS - WD}{WS - WI} \times 62.4$$

$$\frac{29.4 - 27.2}{29.4 - 16.5} \times 62.4 = 0.17 \text{ lbs/pie}^3$$

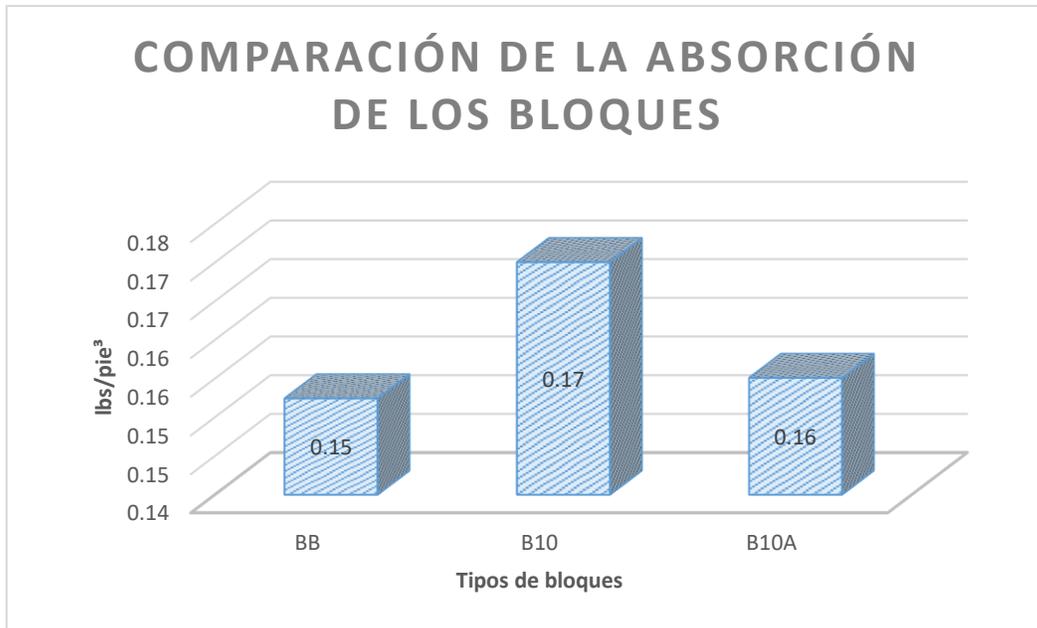
### 5.7.2.3 Absorción del Bloque 10% PET y Aditivo

$$\frac{WS - WD}{WS - WI} \times 62.4$$

$$\frac{30.9 - 28.8}{30.9 - 17.4} \times 62.4 = 0.16 \text{ lbs/pie}^3$$

#### 5.7.2.4 Comparación de la absorción entre los bloques BB, 10% y 10%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico las diferentes absorciones que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B10 (Bloque con 10% PET) y el B10A (Bloque 10% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 151. Grafica comparativa de absorción entre bloques BB, B10 y B10A**

Fuente: Propia

#### 5.7.2.5 Absorción del Bloque 20% PET

$$\frac{WS - WD}{WS - WI} \times 62.4$$

$$\frac{28.4 - 26.5}{28.4 - 15.8} \times 62.4 = 0.15 \text{ lbs/pie}^3$$

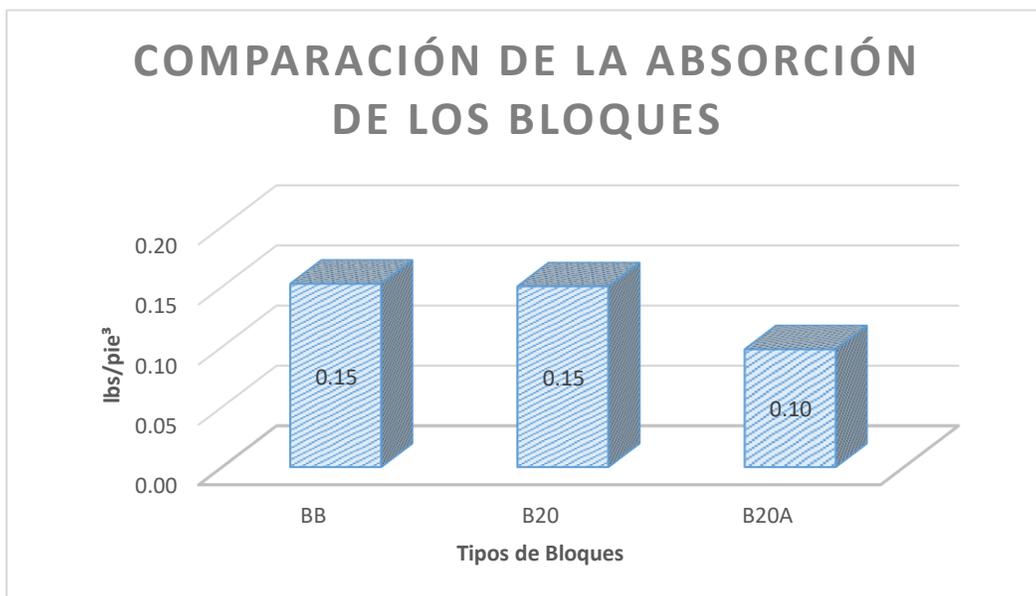
### 5.7.2.6 Absorción del Bloque 20% PET y Aditivo

$$\frac{WS - WD}{WS - WI} \times 62.4$$

$$\frac{28.6 - 27.4}{28.6 - 15.8} \times 62.4 = 0.10 \text{ lbs/pie}^3$$

### 5.7.2.7 Comparación de la absorción entre los bloques BB, 20% y 20%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico las diferentes absorciones que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B20 (Bloque con 20% PET) y el B20A (Bloque 20% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 152. Grafica comparativa de absorción entre bloques BB, B20 y B20A**

Fuente: Propia

#### 5.7.2.8 Absorción del Bloque 30% PET

$$\frac{WS - WD}{WS - WI} \times 62.4$$

$$\frac{28.22 - 26.7}{28.22 - 15.32} \times 62.4 = 0.12 \text{ lbs/pie}^3$$

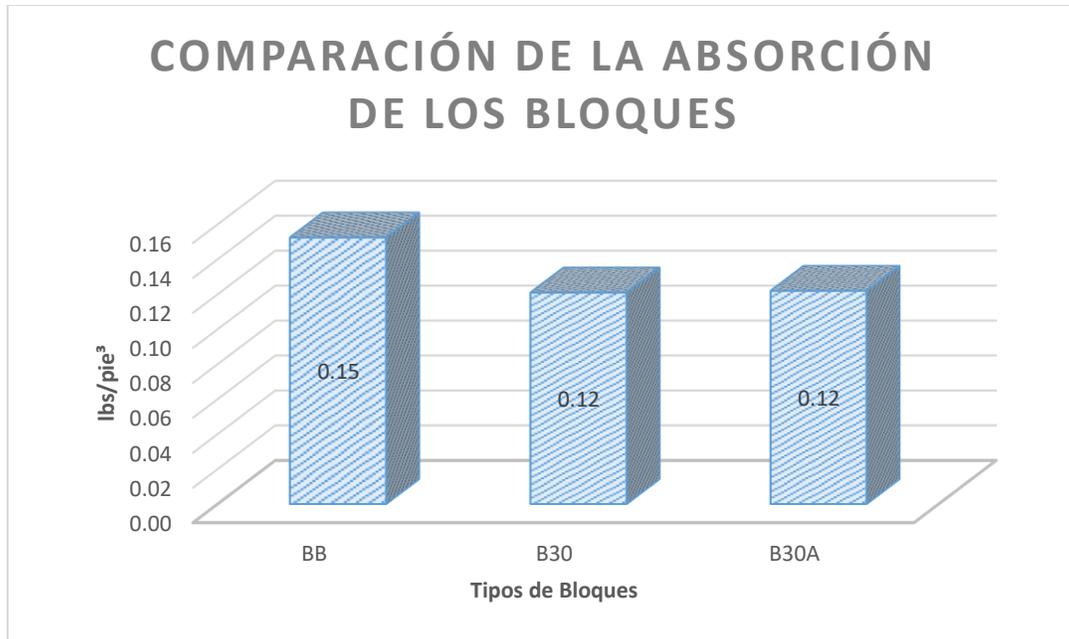
#### 5.7.2.9 Absorción del Bloque 30% PET y Aditivo

$$\frac{WS - WD}{WS - WI} \times 62.4$$

$$\frac{29.1 - 27.5}{29.1 - 16.1} \times 62.4 = 0.12 \text{ lbs/pie}^3$$

#### 5.7.2.10 Comparación de la absorción entre los bloques BB, 30% y 30%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico las diferentes absorciones que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B20 (Bloque con 30% PET) y el B30A (Bloque 30% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 153. Grafica comparativa de absorción entre bloques BB, B30 y B30A**

Fuente: Propia

#### 5.7.2.11 Resumen comparativo de la absorción de los bloques

**Tabla 34. Comparación de la Absorción de los Bloques**

Comparación de la Absorción de los Bloques		
Bloque Base	0.15	lbs/pie <sup>3</sup>
10% PET	0.17	lbs/pie <sup>3</sup>
10% PET + A	0.16	lbs/pie <sup>3</sup>
20% PET	0.15	lbs/pie <sup>3</sup>
20PET + A	0.1	lbs/pie <sup>3</sup>
30% PET	0.12	lbs/pie <sup>3</sup>
30% PET + A	0.12	lbs/pie <sup>3</sup>

Fuente: Propia

Al analizar la comparación de la absorción de los bloques se puede concluir que el agregado fino destaca por ser crucial en la absorción del bloque. Al sustituir la arena, la absorción del bloque se

reduce. El aditivo no realiza ningún cambio en la absorción del bloque, ya que este solo se mira afectado por la cantidad de arena que se le remueve. Por ejemplo, el cambio del 30% PET tiene absorción de 0.12 lb/pie<sup>3</sup> y el bloque base 0.15 lb/pie<sup>3</sup>, siendo el bloque de 30% PET el que contiene menor absorción.

### 5.7.3 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES

#### 5.7.3.1 Porcentaje de Absorción del Bloque Base o Bloque Control

$$\frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{30.7 - 28.7}{28.7} \times 100 = 6.96 \%$$

#### 5.7.3.2 Porcentaje de Absorción del Bloque 10% PET

$$\frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{29.4 - 27.2}{27.2} \times 100 = 8.02\%$$

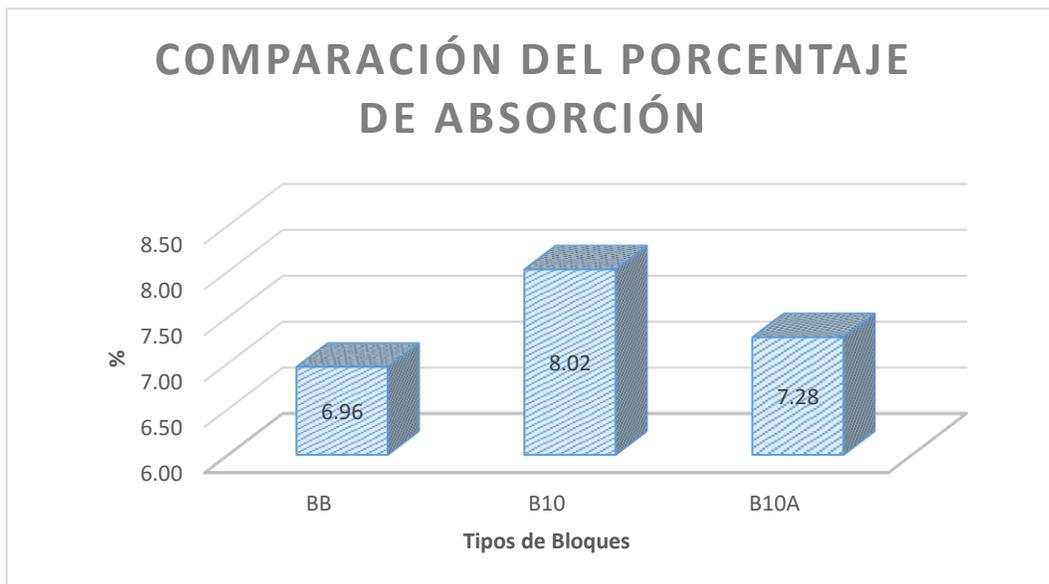
#### 5.7.3.3 Porcentaje de Absorción del Bloque 10% PET y Aditivo

$$\frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{30.9 - 28.8}{28.8} \times 100 = 7.28\%$$

#### 5.7.3.4 Comparación del % de absorción entre los bloques BB, 10% y 10%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico los diferentes porcentajes de absorción que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B10 (Bloque con 10% PET) y el B10A (Bloque 10% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 154. Comparación del % de absorción entre bloques BB, B10 y B10A**

Fuente: Propia

#### 5.7.3.5 Porcentaje de Absorción del Bloque 20% PET

$$\frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{28.4 - 26.5}{26.5} \times 100 = 7.16\%$$

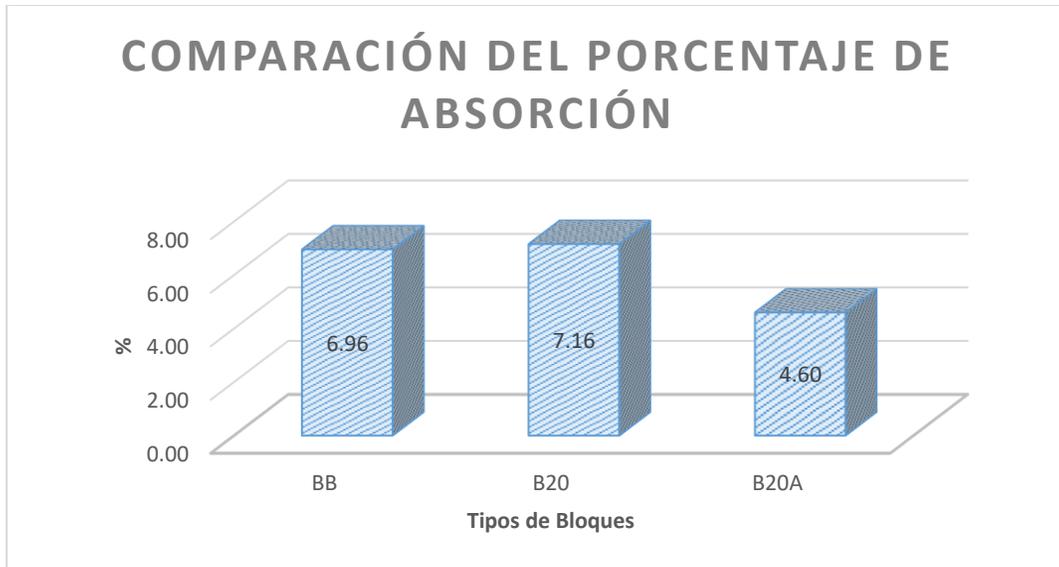
#### 5.7.3.6 Porcentaje de Absorción del Bloque 20% PET y Aditivo

$$\frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{28.6 - 27.4}{27.4} \times 100 = 4.6\%$$

#### 5.7.3.7 Comparación del % de absorción entre los bloques BB, 20% y 20%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico los diferentes porcentajes de absorción que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B20 (Bloque con 20% PET) y el B20A (Bloque 20% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 155. Comparación del % de absorción entre bloques BB, B20 y B20A**

Fuente: Propia

#### 5.7.3.8 Porcentaje de Absorción del Bloque 30% PET

$$\frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{28.22 - 26.7}{26.7} \times 100 = 5.85\%$$

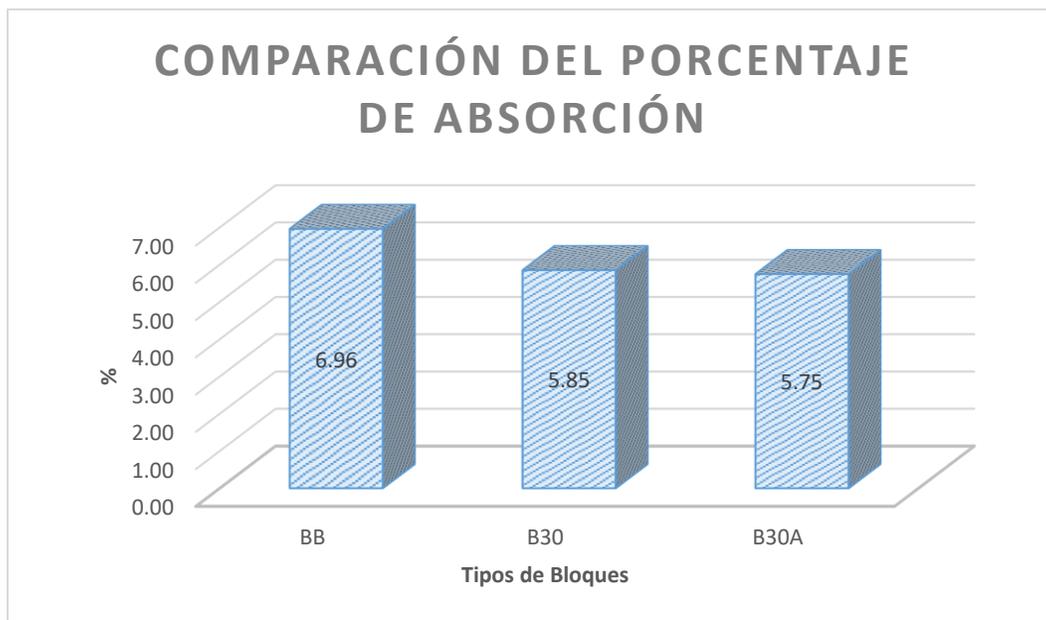
#### 5.7.3.9 Porcentaje de Absorción del Bloque 30% PET y Aditivo

$$\frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{29.1 - 27.5}{27.5} \times 100 = 5.75\%$$

### 5.7.3.10 Comparación del % de absorción entre los bloques BB, 30% y 30%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico los diferentes porcentajes de absorción que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B30 (Bloque con 30% PET) y el B30A (Bloque 30% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 156. Comparación del % de absorción entre bloques BB, B30 y B30A**

Fuente: Propia

### 5.7.3.10 Comparación del % de absorción entre los bloques BB, 30% y 30%+Aditivo

**Tabla 35. Resumen de Resultados de % de Absorción de los Bloques**

Comparación del Porcentaje de Absorción de los Bloques

Bloque Base	6.96	%
10% PET	8.02	%
10% PET + A	7.28	%
20% PET	7.16	%
20% PET + A	4.60	%
30% PET	5.85	%
30% PET + A	5.75	%

Fuente: Propia

Cuando se analiza la comparación de porcentaje de absorción la variable que determina dicha absorción es agregado, específicamente el agregado fino o la arena. Al sustituir la arena por el tereftalato de polietileno la absorción del bloque va a disminuir ya que el plástico no funciona como un agregado absorbente. Como se aprecia en la comparación el bloque con aditivo no tenía un cambio significativo con respecto a la absorción del bloque. Gracias a la tabla anterior se puede determinar que la hipótesis 8 (H8) es válida.

### 5.7.4 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS BLOQUES

#### 5.7.4.1 Contenido de humedad del Bloque Base o Bloque Control

$$\frac{WR - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{29.9 - 28.7}{28.7} \times 100 = 3.97$$

#### 5.7.4.2 Contenido de humedad del Bloque 10% PET

$$\frac{WR - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{28.3 - 27.2}{27.2} \times 100 = 3.97$$

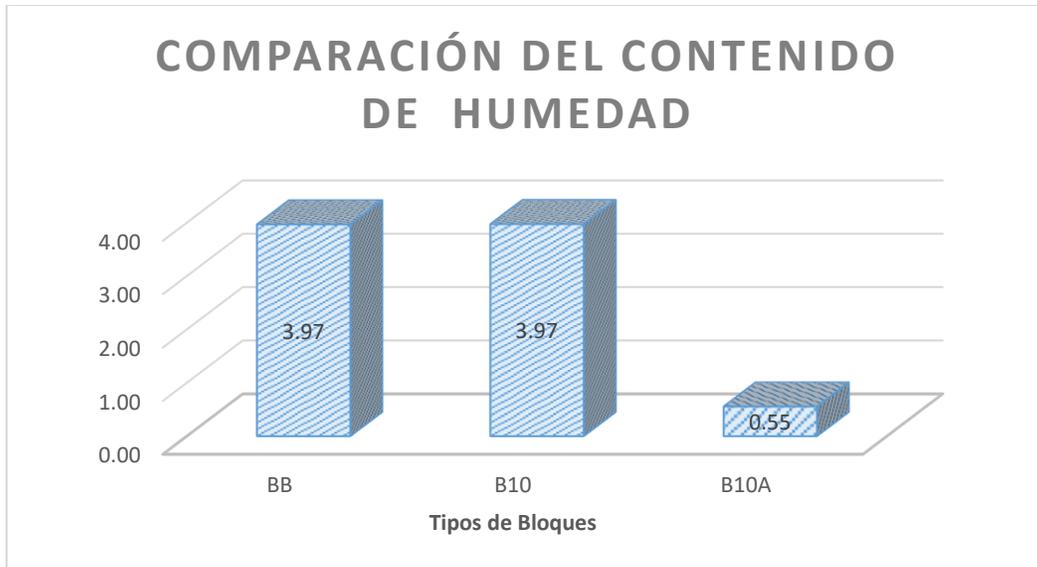
#### 5.7.4.3 Contenido de humedad del Bloque 10% PET y Aditivo

$$\frac{WR - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{29 - 28.8}{28.8} \times 100 = 0.55$$

#### 5.7.4.4 Comparación del contenido de humedad entre BB, 10% y 10%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico los diferentes contenidos de humedad que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B10 (Bloque con 10% PET) y el B10A (Bloque 10% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 157. Comparación del contenido de humedad entre bloques BB, B10 y B10A**

Fuente: Propia.

#### 5.7.4.5 Contenido de humedad del Bloque 20% PET

$$\frac{WR - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{27.3 - 26.5}{26.5} \times 100 = 2.79$$

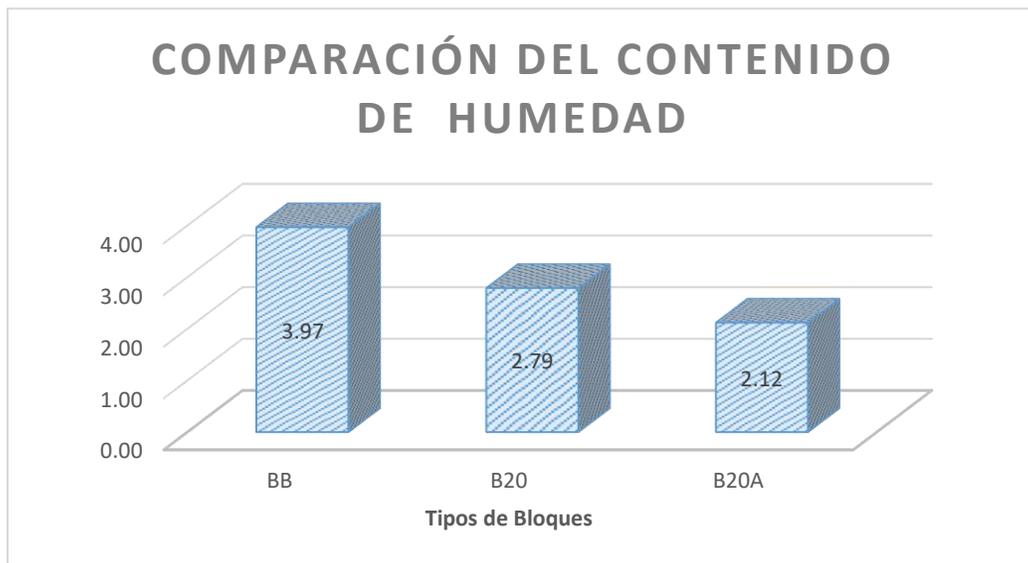
#### 5.7.4.6 Contenido de humedad del Bloque 20% PET y Aditivo

$$\frac{WR - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{27.96 - 27.4}{27.4} \times 100 = 2.12$$

#### 5.7.4.7 Comparación del contenido de humedad entre BB, 20% y 20%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico los diferentes contenidos de humedad que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B20 (Bloque con 20% PET) y el B20A (Bloque 20% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 158. Comparación del contenido de humedad entre bloques BB, B20 y B20A**

Fuente: Propia

#### 5.7.4.8 Contenido de humedad del Bloque 30% PET

$$\frac{WR - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{27.12 - 26.7}{26.7} \times 100 = 1.73$$

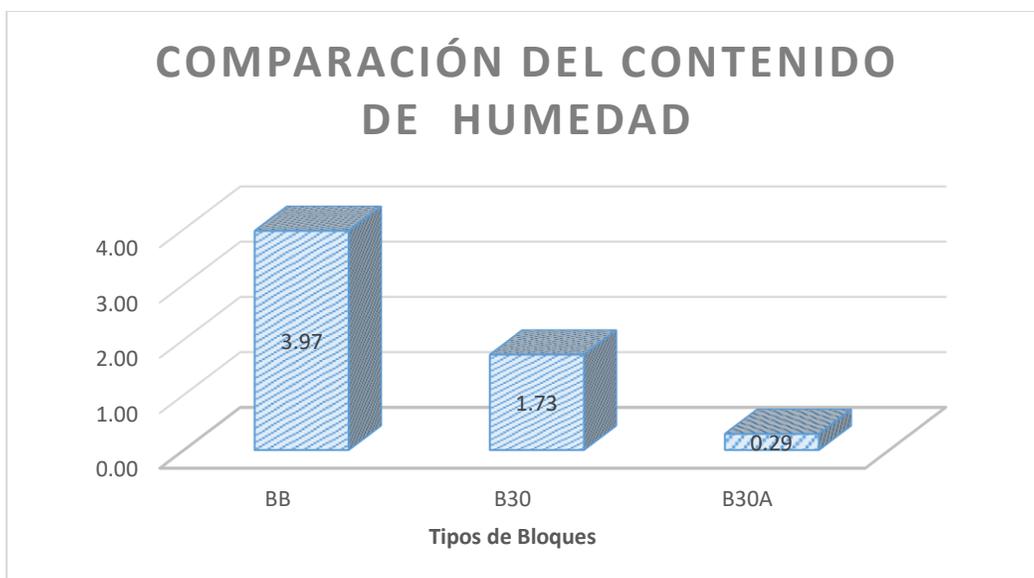
#### 5.7.4.9 Contenido de humedad del Bloque 30% PET y Aditivo

$$\frac{WR - WD}{WD} \times 100$$

$$\frac{27.58 - 27.5}{27.5} \times 100 = 0.29$$

#### 5.7.4.10 Comparación del contenido de humedad entre BB, 30% y 30%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico los diferentes contenidos de humedad que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B30 (Bloque con 30% PET) y el B30A (Bloque 30% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 159. Comparación del contenido de humedad entre bloques BB, B30 y B30A**

Fuente: Propia.

#### 5.7.4.11 Resumen comparativo del contenido de humedad de los bloques

**Tabla 36. Comparación del Contenido de Humedad**

Comparación del Contenido de Humedad	
Bloque Base	3.97
10% PET	3.97
10% PET + A	0.55
20% PET	2.79
20PET + A	2.12
30% PET	1.73
30% PET + A	0.29

Fuente: Propia

Haciendo un análisis a los resultados brindados en las gráficas de Comparación del Contenido de Humedad, se puede apreciar como el bloque base mantiene su contenido de humedad mientras

que al agregar el PET el contenido de humedad disminuye. Se puede apreciar como el bloque base dio como resultado 3.97 en todas las pruebas, el bloque 10% PET tiene 3.97, el bloque de 20% PET dio 2.79 y el 30% PET da como resultado 1.73. Estos valores afirman el análisis brindado. En cuanto al PET con aditivo dieron valores de contenido de humedad bastante bajos. Esto significa que cuando se adiciona aditivo al bloque su contenido de humedad disminuye.

#### 5.7.5 VOLUMEN NETO

##### 5.7.5.1 Volumen neto del Bloque Base o Bloque Control

$$\frac{WS - WI}{62.4}$$

$$\frac{30.7 - 17.6}{62.4} = 0.21 \text{ pie}^3$$

##### 5.7.5.2 Volumen neto del Bloque 10% PET

$$\frac{WS - WI}{62.4}$$

$$\frac{29.4 - 16.5}{62.4} = 0.21 \text{ pie}^3$$

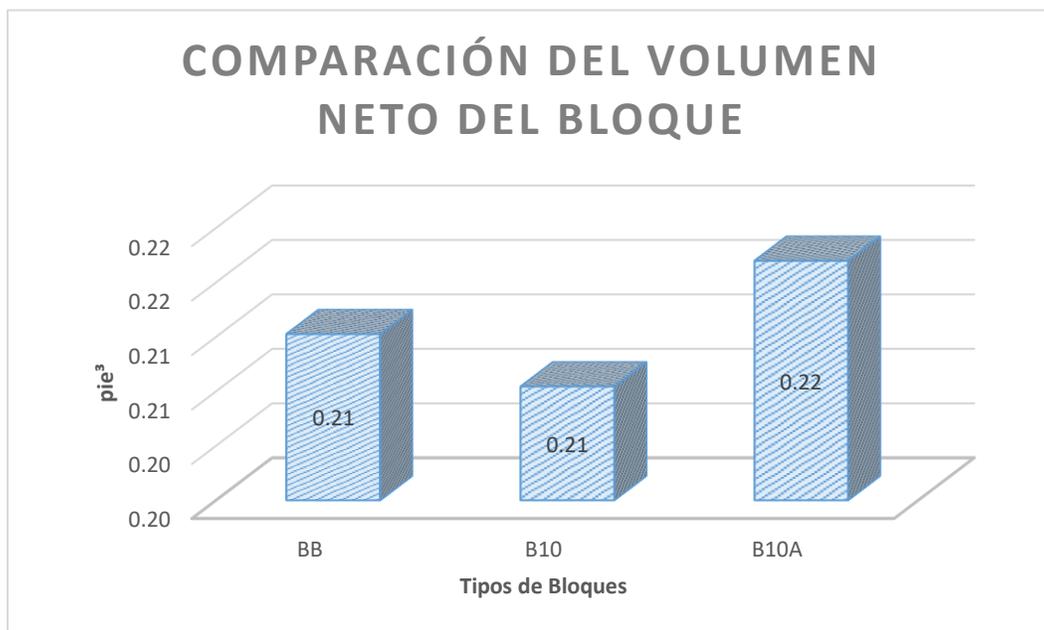
### 5.7.5.3 Volumen neto del Bloque 10% PET y Aditivo

$$\frac{WS - WI}{62.4}$$

$$\frac{30.9 - 17.4}{62.4} = 0.22 \text{ pie}^3$$

### 5.7.5.4 Comparación del volumen neto entre BB, 10% y 10%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico los diferentes volúmenes netos que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B10 (Bloque con 10% PET) y el B10A (Bloque 10% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 160. Grafica comparativa del volumen neto entre bloques BB, B10 y B10A**

Fuente: Propia

#### 5.7.5.5 Volumen neto del Bloque 20% PET

$$\frac{WS - WI}{62.4}$$

$$\frac{28.4 - 15.8}{62.4} = 0.2 \text{ pie}^3$$

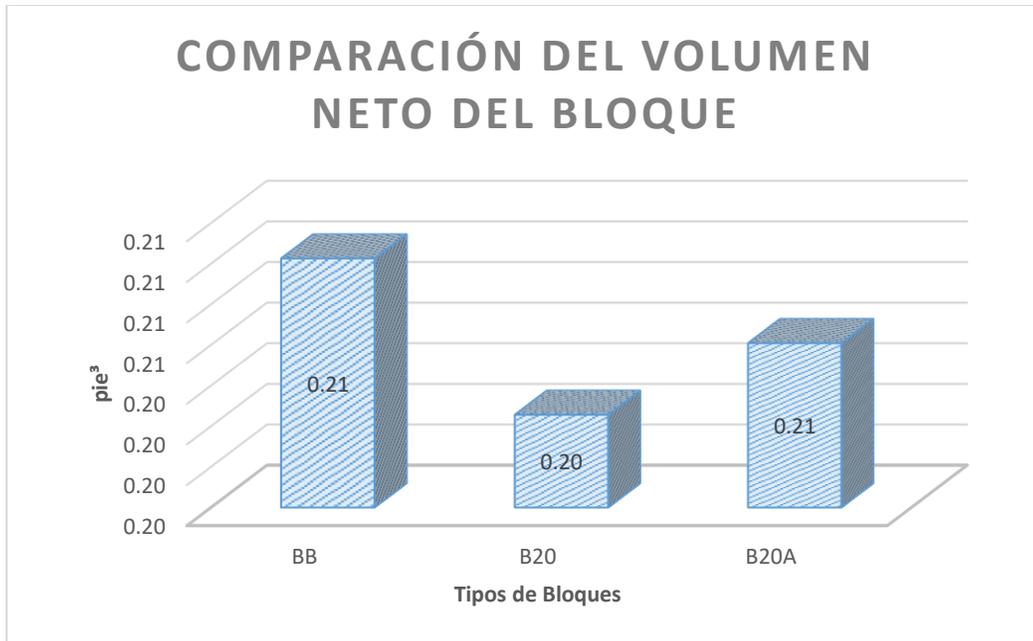
#### 5.7.5.6 Volumen neto del Bloque 20% PET y Aditivo

$$\frac{WS - WI}{62.4}$$

$$\frac{28.6 - 15.8}{62.4} = 0.21 \text{ pie}^3$$

#### 5.7.5.7 Comparación del volumen neto entre los BB, 20% y 20%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico los diferentes volúmenes netos que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B20 (Bloque con 20% PET) y el B20A (Bloque 20% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 161. Grafica comparativa del volumen neto entre bloques BB, B20 y B20A**

Fuente: Propia

#### 5.7.5.8 Volumen neto del Bloque 30% PET

$$\frac{WS - WI}{62.4}$$

$$\frac{28.22 - 15.32}{62.4} = 0.21 \text{ pie}^3$$

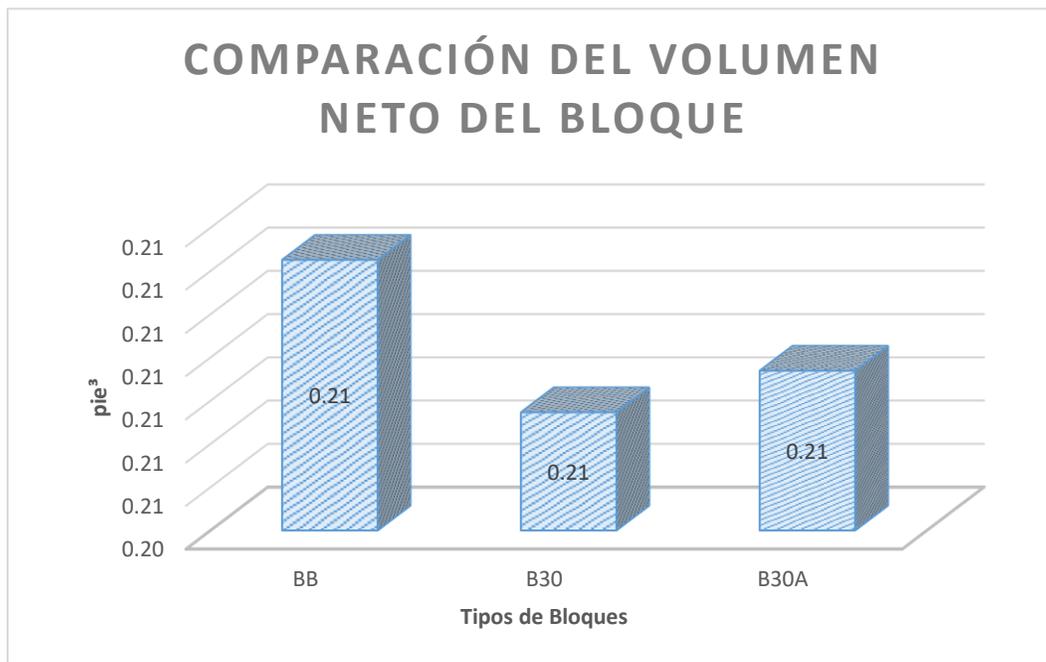
#### 5.7.5.9 Volumen neto del Bloque 30% PET y Aditivo

$$\frac{WS - WI}{62.4}$$

$$\frac{29.1 - 16.1}{62.4} = 0.21 \text{ pie}^3$$

#### 5.7.5.10 Comparación del volumen neto entre BB, 30% y 30%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico los diferentes volúmenes netos que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B30 (Bloque con 30% PET) y el B30A (Bloque 30% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 162. Grafica comparativa del volumen neto entre bloques BB, B30 y B30A**

Fuente: Propia

### 5.7.5.11 Resumen comparativo del volumen neto de los bloques

**Tabla 37. Resumen de Resultados del Volumen Neto del Bloque**

Comparación del Volumen Neto del Bloque		
Bloque Base	0.21	pie <sup>3</sup>
10% PET	0.21	pie <sup>3</sup>
10% PET + A	0.22	pie <sup>3</sup>
20% PET	0.2	pie <sup>3</sup>
20% PET + A	0.21	pie <sup>3</sup>
30% PET	0.21	pie <sup>3</sup>
30% PET + A	0.21	pie <sup>3</sup>

Fuente: Propia

El volumen neto de los bloques es el volumen real que los bloques poseen tomando en cuenta los agujeros que estos tienen con sus medidas reales tomadas. Los volúmenes de los bloques realizados oscilan entre valores de 0.20 pie<sup>3</sup>, 0.21 pie<sup>3</sup> y 0.22 pie<sup>3</sup>, lo cual está bien porque estos resultados obtenidos indican que el volumen del bloque no varía. Como resultado se afirma que se está analizando el mismo espécimen o bloque con las mismas medidas que dan como resultado el mismo volumen neto. Gracias a estos resultados se puede validar las hipótesis 9 y 10 (H9) y (H10) las cuales indican que las medidas tanto como iniciales y finales son las mismas entre todos los bloques elaborados.

### 5.7.6 ÁREA NETA PROMEDIO

#### 5.7.6.1 Área Neta Promedio del Bloque Base o Bloque Control

$$\frac{Vn \times 1728}{H}$$

$$\frac{0.21 - 1728}{7.75} = 46.88 \text{ plgs}^2$$

#### 5.7.6.2 Área Neta Promedio del Bloque 10% PET

$$\frac{Vn \times 1728}{H}$$

$$\frac{0.21 - 1728}{7.63} = 46.53 \text{ plgs}^2$$

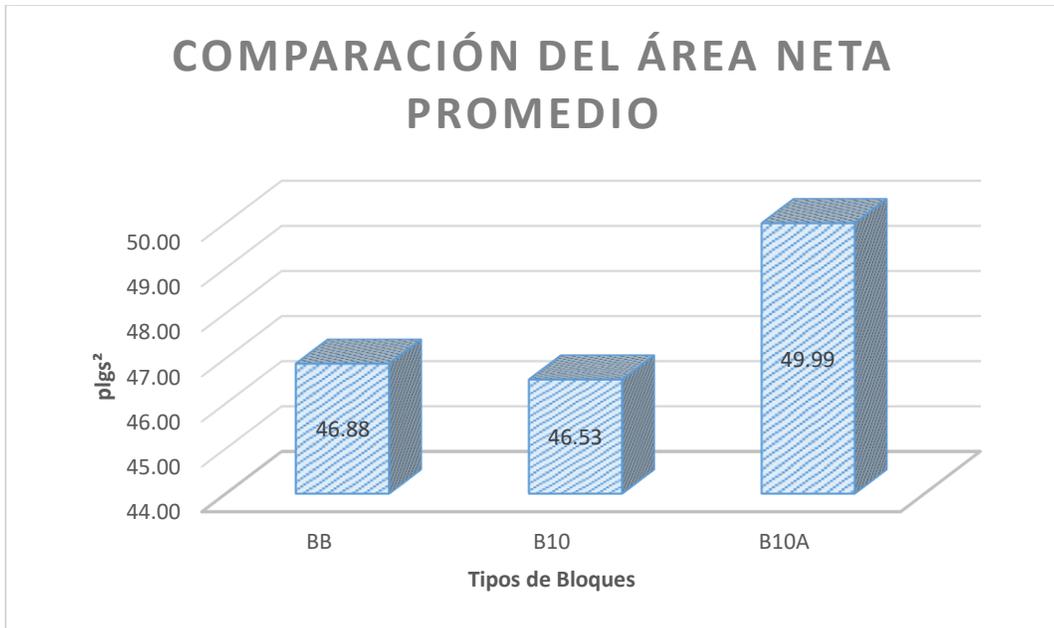
#### 5.7.6.3 Área Neta Promedio del Bloque 10% PET y Aditivo

$$\frac{Vn \times 1728}{H}$$

$$\frac{0.22 - 1728}{7.5} = 49.99 \text{ plgs}^2$$

#### 5.7.6.4 Área Neta Promedio entre BB, 10% y 10%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico las diferentes áreas netas promedio que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B10 (Bloque con 10% PET) y el B10A (Bloque 10% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 163. Comparación del Área neta promedio entre bloques BB, B10 y B10A**

Fuente: Propia

#### 5.7.6.5 Área Neta Promedio del Bloque 20% PET

$$\frac{Vn \times 1728}{H}$$

$$\frac{0.2 - 1728}{7.75} = 45.17 \text{ plgs}^2$$

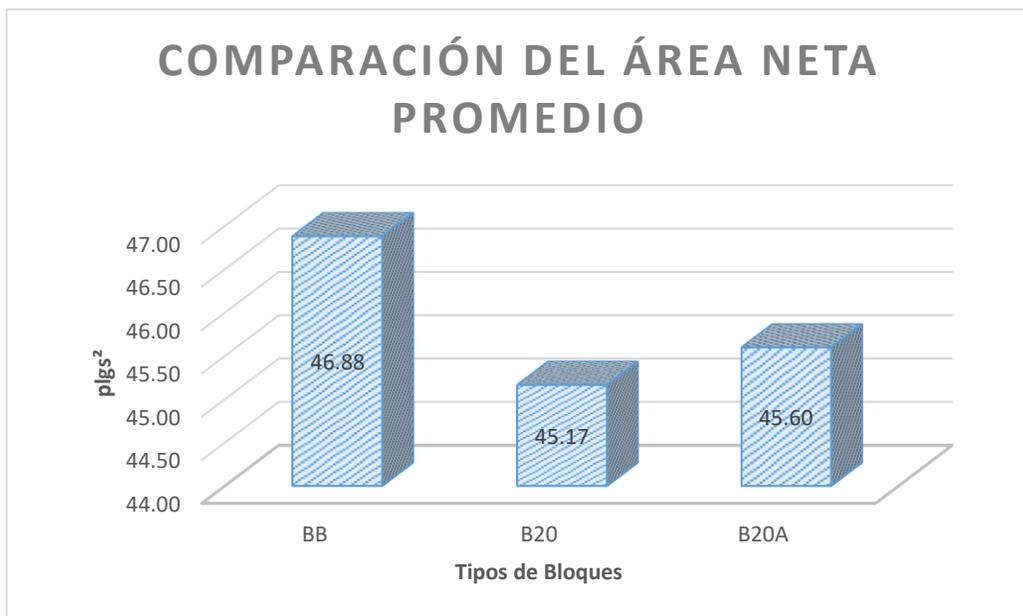
#### 5.7.6.6 Área Neta Promedio del Bloque 20% PET y Aditivo

$$\frac{Vn \times 1728}{H}$$

$$\frac{0.21 - 1728}{7.81} = 45.60 \text{ plgs}^2$$

### 5.7.6.7 Área Neta Promedio entre BB, 20% y 20%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico las diferentes áreas netas promedio que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B20 (Bloque con 20% PET) y el B20A (Bloque 20% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 164. Comparación del Área neta promedio entre bloques BB, B20 y B20A**

Fuente: Propia

#### 5.7.6.8 Área Neta Promedio del Bloque 30% PET

$$\frac{Vn \times 1728}{H}$$

$$\frac{0.21 - 1728}{7.88} = 45.33 \text{ plgs}^2$$

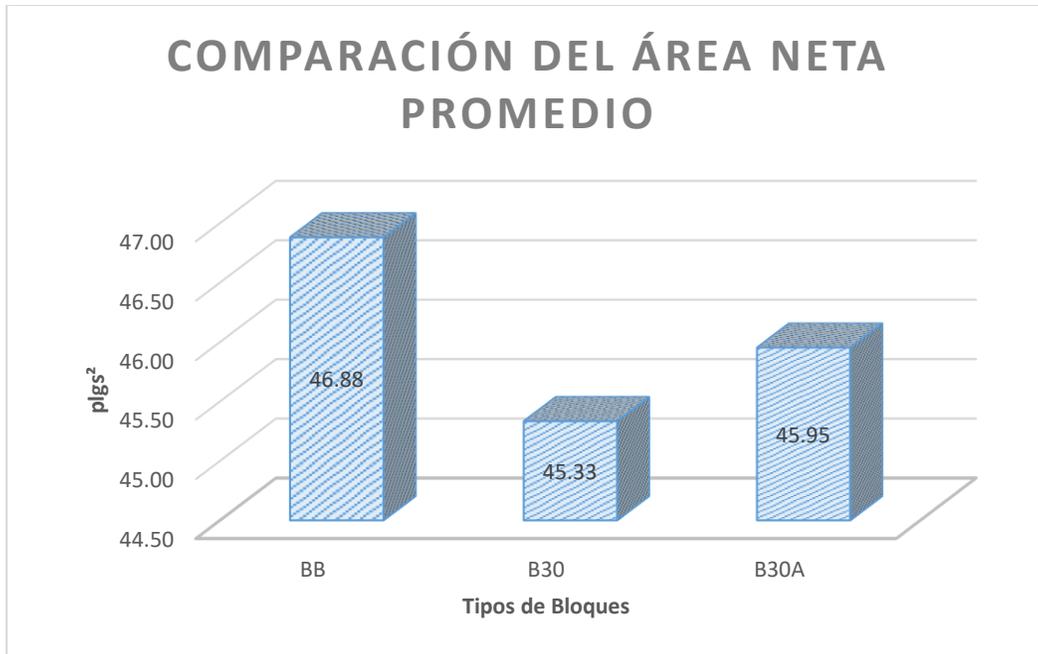
#### 5.7.6.9 Área Neta Promedio del Bloque 30% PET y Aditivo

$$\frac{Vn \times 1728}{H}$$

$$\frac{0.21 - 1728}{7.81} = 45.95 \text{ plgs}^2$$

#### 5.7.6.10 Área Neta Promedio entre BB, 30% y 30%+Aditivo

A continuación, se representa mediante un gráfico las diferentes áreas netas promedio que se obtuvieron para los bloques BB (Bloque base), B20 (Bloque con 30% PET) y el B30A (Bloque 30% PET y Aditivo) y así poder comparar más fácilmente las hipótesis de caracterización.



**Ilustración 165. Comparación del Área neta promedio entre bloques BB, B30 y B30A**

Fuente: Propia

#### 5.7.6.11 Resumen Comparativo del Área Neta Promedio de los bloques

**Tabla 38. Comparación del Área Neta Promedio**

Comparación del Área Neta Promedio		
Bloque Base	46.88	plgs <sup>2</sup>
10% PET	46.53	plgs <sup>2</sup>
10% PET + A	49.99	plgs <sup>2</sup>
20% PET	45.17	plgs <sup>2</sup>
20PET + A	45.6	plgs <sup>2</sup>
30% PET	45.33	plgs <sup>2</sup>
30% PET + A	45.95	plgs <sup>2</sup>

Fuente: Propia

En base a los resultados proporcionados por la gráfica de comparación de área neta promedio los resultados muestran ser muy consistentes. La adición de PET o aditivo no genera ningún cambio en las dimensiones del bloque, dando como resultado áreas similares.

## **5.8 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS BLOQUES, FICHAS DE COSTO**

En el análisis económico se presentarán las fichas de costo de los bloques elaborados en base a los materiales utilizados y sus respectivas cantidades. En la ficha de costo se presenta tres puntos a considerar: los materiales, la mano de obra y herramientas o equipo. Dentro de los materiales se encuentran todas aquellos utilizados para elaborar los bloques los cuales son el cemento, arena fina, grava de 3/8, agua, PET y aditivo Admix BloQ. En la mano de obra se determinó el número de ayudantes utilizados para la fabricación de los bloques. En el apartado de herramientas y equipo se colocó la máquina artesanal de bloques y herramientas menores utilizadas para la elaboración de los bloques.

Las fichas de costo que se presentaran a continuación representan el costo del bloque de 6" para los diferentes tipos de bloques que fueron elaborados. Entre estos se encuentran el Bloque Control, Bloque 10% PET, Bloque 10% PET + A, Bloque 20% PET, Bloque 20% PET + A, Bloque 30% PET y Bloque 30% PET + A.

Las fichas de costo muestran las cantidades de material utilizado el cual fue proporcionado por el cuadro de dosificaciones para la elaboración de mezcla de concreto para bloques. Se consideró un porcentaje de desperdicio basado en lo visto cuando los bloques fueron elaborados. El precio unitario de los materiales son precios reales y actuales en el mercado.

Se determinó un costo indirecto del 20%, obtenido de la empresa ICCA, la cual fue la empresa que ayudo con la fabricación de los bloques.

5.8.1 FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE BASE

Item	Bloque de 6"	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Cemento Argos HE	bolsa	0.24	5%	L. 192.50	L. 5.28
1.02	Arena Fina de CONHSA	m3	0.04	5%	L. 165.00	L. 0.69
1.03	Grava 3/8	m3	0.03	5%	L. 452.50	L. 1.83
1.04	Agua	gls	2.00	3%	L. 0.30	L. 0.07
					<b>Subtotal Mat</b>	L. 7.86
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	Ayudante A	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.02	Ayudante B	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.03	Ayudante C	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
					<b>Subtotal M.O.</b>	L. 1.39
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/Und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Máquina Artesanal de Bloques	Und			L. 0.10	L. 0.10
3.02	Herramienta menor	glb	0.02		L. 215.00	L. 0.40
					<b>Subtotal H.E.</b>	L. 0.50
					<b>Costo Directo Total</b>	<b>L. 9.75</b>
					<b>% Indirectos</b>	<b>20.00%</b>
					<b>Costo Final</b>	<b>L. 11.70</b>

La ficha presentada anteriormente corresponde a la ficha de costo del bloque control de 6 pulgadas. Esta ficha muestra los materiales utilizados para la elaboración de un bloque control de 6 pulgadas. También se determina el costo por la mano de obra y el de herramientas y equipo; obteniendo un costo directo total de Lps 9.75 y con el porcentaje de indirectos se define un costo unitario final de Lps 11.70 para el bloque control.

Dicho valor se encuentra dentro del rango de valores que se utilizan en el mercado y en el rubro de la construcción actualmente.

5.8.2 FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 10% PET

Item	Bloque de 6" 10% PET	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Cemento Argos HE	bolsa	0.24	5%	L. 192.50	L. 5.28
1.02	Arena Fina de CONHSA	m3	0.03	5%	L. 165.00	L. 0.62
1.03	Grava 3/8	m3	0.03	5%	L. 452.50	L. 1.83
1.04	Agua	gls	2.00	3%	L. 0.30	L. 0.07
1.05	PET	lbs	2.54	3%	L. 3.50	L. 1.02
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 8.81
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	Ayudante A	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.02	Ayudante B	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.03	Ayudante C	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 1.39
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/Und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Máquina Artesanal de Bloques	Und			L. 0.10	L. 0.10
3.02	Herramienta menor	glb	0.02		L. 215.00	L. 0.40
				<b>Subtotal H.E.</b>		L. 0.50
				<b>Costo Directo Total</b>		<b>L. 10.69</b>
				<b>% Indirectos</b>		<b>20.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 12.83</b>

La ficha presentada anteriormente corresponde a la ficha de costo del bloque de 6 pulgadas con 10% PET. Esta ficha muestra los materiales utilizados para la elaboración de un bloque de 6 pulgadas con 10% PET. También se determina el costo por la mano de obra y el de herramientas y equipo; obteniendo un costo directo total de Lps 10.69 y con el porcentaje de indirectos se define un costo unitario final de Lps 12.83 para este bloque.

5.8.3 FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 10% PET Y ADITIVO

<b>Bloque de 6" 10% PET y Aditivo</b>						
Item	Aditivo	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
<b>1.00</b>	<b>Materiales</b>					
1.01	Cemento Argos HE	bolsa	0.24	5%	L. 192.50	L. 5.28
1.02	Arena Fina de CONHSA	m3	0.03	5%	L. 165.00	L. 0.62
1.03	Grava 3/8	m3	0.03	5%	L. 452.50	L. 1.83
1.04	Agua	gls	2.00	3%	L. 0.30	L. 0.07
1.05	PET	lbs	2.54	3%	L. 3.50	L. 1.02
1.06	Aditivo Admix BloQ	onz	2.00	0%	L. 350.00	L. 0.61
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 9.42
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	Ayudante A	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.02	Ayudante B	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.03	Ayudante C	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 1.39
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/Und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Máquina Artesanal de Bloques	Und			L. 0.10	L. 0.10
3.02	Herramienta menor	glb	0.02		L. 215.00	L. 0.40
				<b>Subtotal H.E.</b>		L. 0.50
				<b>Costo Directo Total</b>		<b>L. 11.30</b>
				<b>% Indirectos</b>		<b>20.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 13.56</b>

La ficha presentada anteriormente corresponde a la ficha de costo del bloque de 6 pulgadas con 10% PET y aditivo Admix BloQ. Esta ficha muestra los materiales utilizados para la elaboración de un bloque de 6 pulgadas con 10% PET y aditivo Admix BloQ. También se determina el costo por la mano de obra y el de herramientas y equipo; obteniendo un costo directo total de Lps 11.30 y con el porcentaje de indirectos se define un costo unitario final de Lps 13.56 para este bloque.

5.8.4 FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 20% PET

Item	Bloque de 6" 20% PET	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Cemento Argos HE	bolsa	0.24	5%	L. 192.50	L. 5.28
1.02	Arena Fina de CONHSA	m3	0.03	5%	L. 165.00	L. 0.55
1.03	Grava 3/8	m3	0.03	5%	L. 452.50	L. 1.83
1.04	Agua	gls	2.00	3%	L. 0.30	L. 0.07
1.05	PET	lbs	5.08	3%	L. 3.50	L. 2.03
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 9.76
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	Ayudante A	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.02	Ayudante B	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.03	Ayudante C	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 1.39
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/Und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Máquina Artesanal de Bloques	Und			L. 0.10	L. 0.10
3.02	Herramienta menor	glb	0.02		L. 215.00	L. 0.40
				<b>Subtotal H.E.</b>		L. 0.50
				<b>Costo Directo Total</b>		<b>L. 11.64</b>
				<b>% Indirectos</b>		<b>20.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 13.97</b>

La ficha presentada anteriormente corresponde a la ficha de costo del bloque de 6 pulgadas con 20% PET. Esta ficha muestra los materiales utilizados para la elaboración de un bloque de 6 pulgadas con 20% PET. También se determina el costo por la mano de obra y el de herramientas y equipo; obteniendo un costo directo total de Lps 11.64 y con el porcentaje de indirectos se define un costo unitario final de Lps 13.97 para este bloque.

5.8.5 FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 20% PET Y ADITIVO

<b>Bloque de 6" 20% PET y Aditivo</b>						
Item		Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Cemento Argos HE	bolsa	0.24	5%	L. 192.50	L. 5.28
1.02	Arena Fina de CONHSA	m3	0.03	5%	L. 165.00	L. 0.55
1.03	Grava 3/8	m3	0.03	5%	L. 452.50	L. 1.83
1.04	Agua	gls	2.00	3%	L. 0.30	L. 0.07
1.05	PET	lbs	5.08	3%	L. 3.50	L. 2.03
1.06	Aditivo Admix BloQ	onz	2.00	0%	L. 350.00	L. 0.61
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 10.36
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	Ayudante A	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.02	Ayudante B	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.03	Ayudante C	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 1.39
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/Und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Máquina Artesanal de Bloques	Und			L. 0.10	L. 0.10
3.02	Herramienta menor	glb	0.02		L. 215.00	L. 0.40
				<b>Subtotal H.E.</b>		L. 0.50
				<b>Costo Directo Total</b>		<b>L. 12.25</b>
				<b>% Indirectos</b>		<b>20.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 14.70</b>

La ficha presentada anteriormente corresponde a la ficha de costo del bloque de 6 pulgadas con 20% PET y aditivo Admix BloQ. Esta ficha muestra los materiales utilizados para la elaboración de un bloque de 6 pulgadas con 20% PET y aditivo Admix BloQ. También se determina el costo por la mano de obra y el de herramientas y equipo; obteniendo un costo directo total de Lps 12.25 y con el porcentaje de indirectos se define un costo unitario final de Lps 14.70 para este bloque.

5.8.6 FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 30% PET

Item	Bloque de 6" 30% PET	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Cemento Argos HE	bolsa	0.24	5%	L. 192.50	L. 5.28
1.02	Arena Fina de CONHSA	m3	0.02	5%	L. 165.00	L. 0.48
1.03	Grava 3/8	m3	0.03	5%	L. 452.50	L. 1.83
1.04	Agua	gls	2.00	3%	L. 0.30	L. 0.07
1.05	PET	lbs	7.62	3%	L. 3.50	L. 3.05
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 10.70
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	Ayudante A	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.02	Ayudante B	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.03	Ayudante C	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 1.39
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/Und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Máquina Artesanal de Bloques	Und			L. 0.10	L. 0.10
3.02	Herramienta menor	glb	0.02		L. 215.00	L. 0.40
				<b>Subtotal H.E.</b>		L. 0.50
				<b>Costo Directo Total</b>		<b>L. 12.59</b>
				<b>% Indirectos</b>		<b>20.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 15.11</b>

La ficha presentada anteriormente corresponde a la ficha de costo del bloque de 6 pulgadas con 30% PET. Esta ficha muestra los materiales utilizados para la elaboración de un bloque de 6 pulgadas con 30% PET. También se determina el costo por la mano de obra y el de herramientas y equipo; obteniendo un costo directo total de Lps 12.59 y con el porcentaje de indirectos se define un costo unitario final de Lps 15.11 para este bloque.

5.8.7 FICHA DE COSTO PARA ELABORACION DE BLOQUE 30% PET Y ADITIVO

Bloque de 6" 30% PET y Aditivo		Unidad	UND	Cantidad	1.00	
Item						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Cemento Argos HE	bolsa	0.24	5%	L. 192.50	L. 5.28
1.02	Arena Fina de CONHSA	m3	0.02	5%	L. 165.00	L. 0.48
1.03	Grava 3/8	m3	0.03	5%	L. 452.50	L. 1.83
1.04	Agua	gls	2.00	3%	L. 0.30	L. 0.07
1.05	PET	lbs	7.62	3%	L. 3.50	L. 3.05
1.06	Aditivo Admix BloQ	onz	2.00	0%	L. 350.00	L. 0.61
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 11.31
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	Ayudante A	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.02	Ayudante B	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
2.03	Ayudante C	hr	0.90	0.50	8.33	L. 0.46
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 1.39
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/Und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Máquina Artesanal de Bloques	Und			L. 0.10	L. 0.10
3.02	Herramienta menor	glb	0.02		L. 215.00	L. 0.40
				<b>Subtotal H.E.</b>		L. 0.50
				<b>Costo Directo Total</b>		<b>L. 13.20</b>
				<b>% Indirectos</b>		<b>20.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 15.84</b>

La ficha presentada anteriormente corresponde a la ficha de costo del bloque de 6 pulgadas con 30% PET y aditivo Admix BloQ. Esta ficha muestra los materiales utilizados para la elaboración de un bloque de 6 pulgadas con 30% PET y aditivo Admix BloQ. También se determina el costo por la mano de obra y el de herramientas y equipo; obteniendo un costo directo total de Lps 13.20 y con el porcentaje de indirectos se define un costo unitario final de Lps 15.84 para este bloque.

**Tabla 39. Resumen de Costos de Bloques de 6”.**

Resumen de Costo de Bloque	
Tipo de Bloque	Costo Final
<b>Bloque Base o Control</b>	L11.70
<b>10% PET</b>	L12.83
<b>10% PET + A</b>	L13.56
<b>20% PET</b>	L13.97
<b>20% PET + A</b>	L14.70
<b>30% PET</b>	L15.11
<b>30% PET + A</b>	L15.84

Fuente: Propia

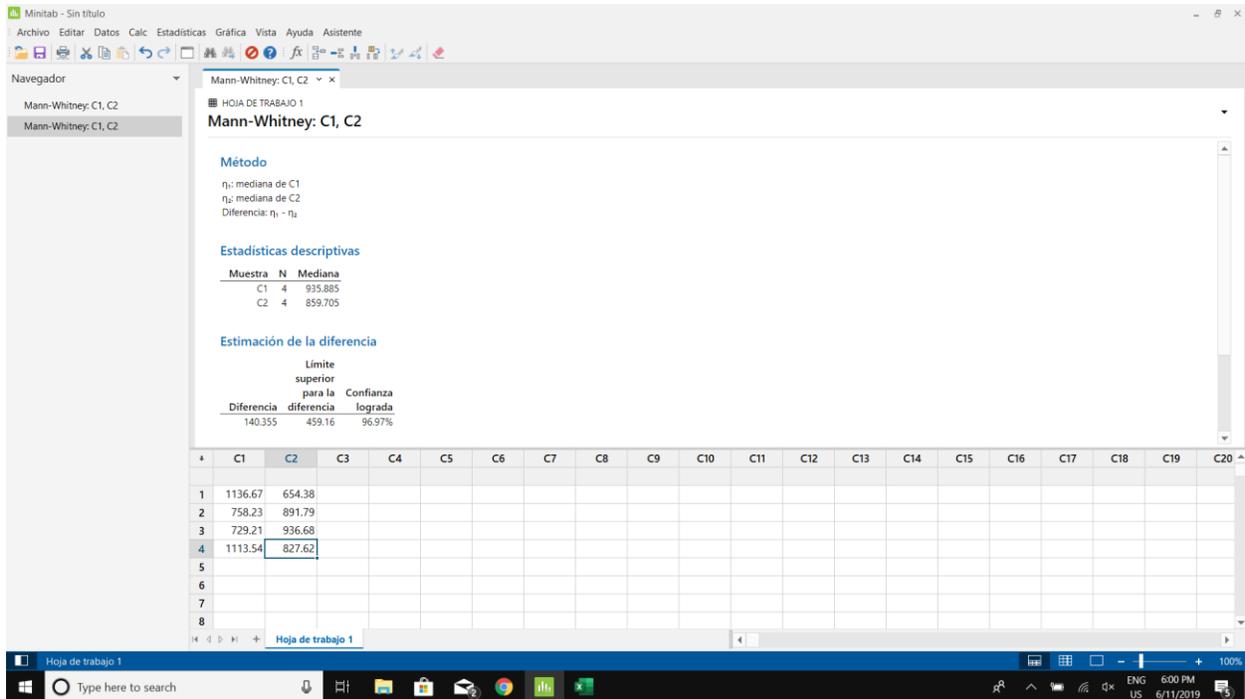
En la Tabla 39, se presenta el resumen de los costos de los bloques obtenidos por medio de las fichas de costos elaboradas. Se puede apreciar que el valor del bloque control es de Lps. 11.70 lo cual está dentro del rango de precio de los bloques de 6 pulgadas actualmente en el mercado y en rubro de la construcción.

En la actualidad en el mercado se encuentran precios desde Lps 11.00 hasta Lps. 13.50, lo cual varía dependiendo el lugar donde se está obteniendo ya puede ser una bloquera industrial como por ejemplo Eterna, Durareto o Conhsa Payhsa, bqueras artesanales las cuales su producción es mínima en comparación a las tres mencionadas anteriormente ya que se utiliza maquina artesanales para bloques y en ferreterías las cuales son revendedoras del producto. Este tercer lugar es el que genera un incremento en el precio del bloque ya que ellos buscan obtener una ganancia atreves de su compra y venta de los productos que comercializan. Cabe de mencionar que el precio del bloque varía dependiendo la calidad del lugar en donde fue hecho y lo más importante; la resistencia a la compresión que este tiene. Un bloque de mayor resistencia es más caro que un bloque de menor resistencia por la cantidad del cemento utilizado y de la maquinaria utilizada para la elaboración del mismo.

Se puede concluir que el bloque control está dentro del rango de precio del mercado y que los bloques de 10% PET y 10% PET y Aditivo también se encuentran dentro del rango de precio del mercado y este precio puede bajar dependiendo al uso que se le dé al bloque esto significa la resistencia que este requiera para su propósito en la construcción.

## 5.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PROYECTO

### 5.9.1 USO DEL PROGRAMA MINITAB PARA EL ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS

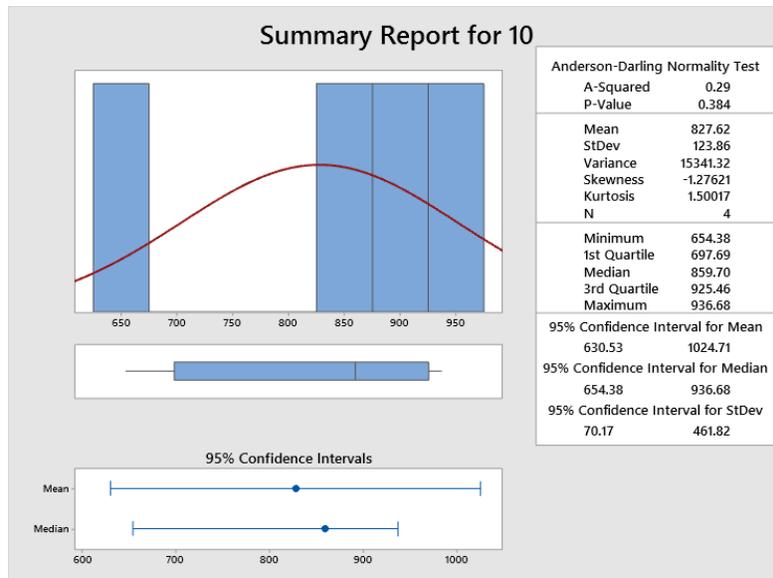


**Ilustración 166. Uso del programa Minitab**

Fuente: Propia

Mediante el uso del programa minitab como se muestra en la figura se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos para la resistencia de cada una de las muestras y así comparando el bloque base con cada una de las otras pruebas. Se compara individualmente cada una de las muestras con el bloque base, ejemplo: primero se compara el bloque base con el bloque 10% PET después se compara el bloque base con el bloque 20% PET y de esta manera sucesivamente. Dentro del programa minitab se utilizó el método no probabilístico de mann-whitney para realizar el análisis.

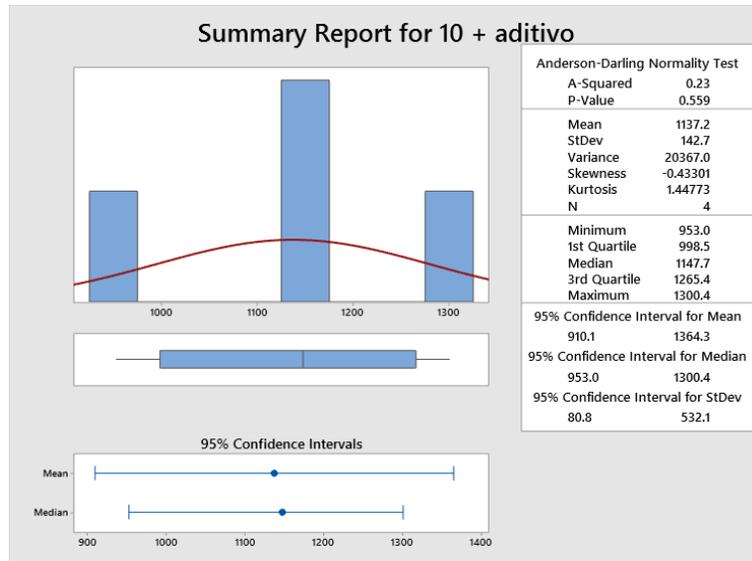
### 5.9.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA RESISTENCIA DE LOS BLOQUES



**Ilustración 167. Informe de resumen resistencia 10% PET y bloque base**

Fuente: Propia

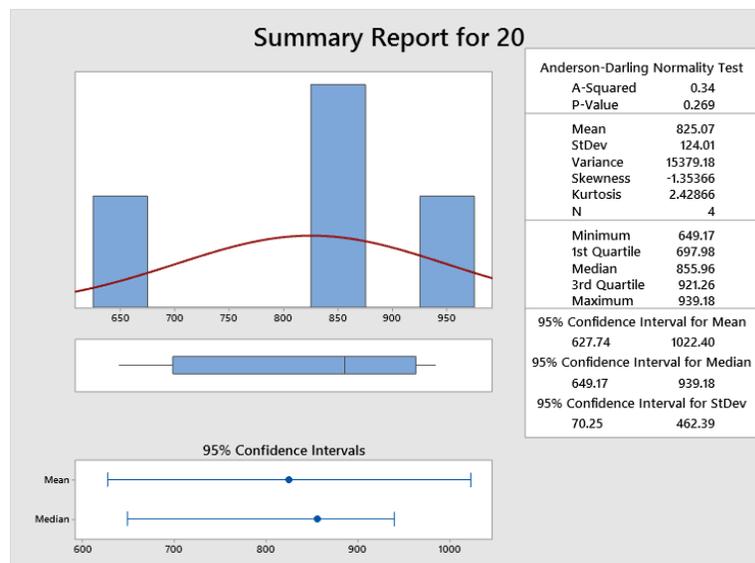
Según el análisis estadístico al comparar el bloque base o bloque control con el bloque 10% PET se brindan resultados que en el bloque base había una variación un poco grande y es por esto que al analizar nuestras hipótesis y comparar los bloques se puede decir que el bloque base y 10% PET pueden llegar a tener la misma resistencia. La mediana para el 10% PET según el programa es de 891.79.



**Ilustración 168. Informe de resumen resistencia 10% PET + Aditivo y bloque base**

Fuente: Propia

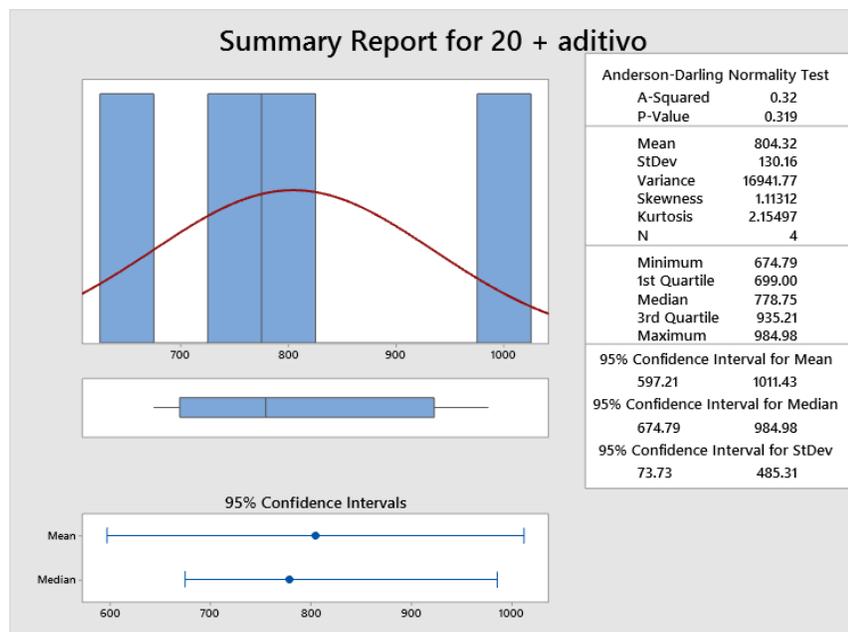
Según lo que se puede observar en el gráfico que proporciona Minitab se puede concluir que las resistencias de ambos pueden llegar a ser los mismos. Los datos entran en el rango que proporciona Minitab. La mediana en este caso fue de 1147.7.



**Ilustración 169. Informe de resumen resistencia 20% PET y bloque base**

Fuente: Propia

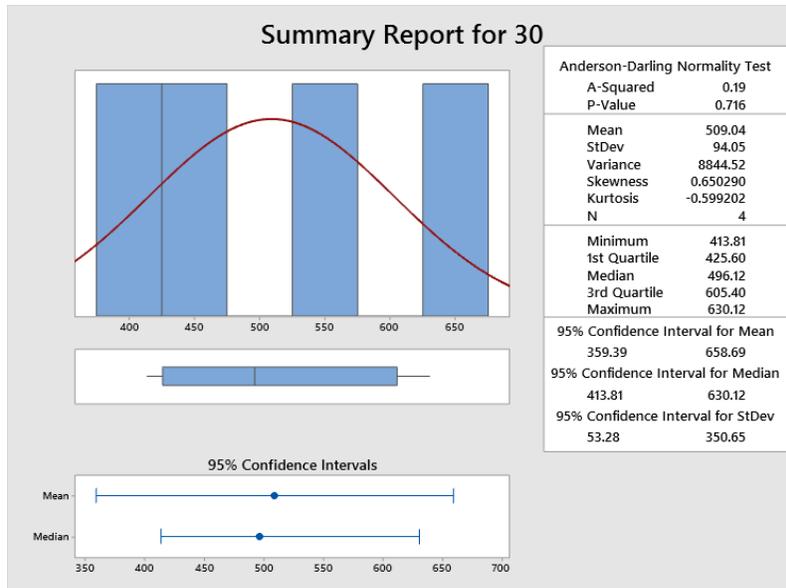
Según el análisis estadístico al comparar el bloque base o bloque control con el bloque 20% PET se pudo concluir que las resistencias de ambos pueden llegar a ser los mismos. Los datos están dentro del rango y demuestra que al seguir haciendo más pruebas el 95.5% de los datos estarán cercanos a la mediana. El resultado de la mediana es de 855.96.



**Ilustración 170. Informe de resumen resistencia 20% PET + Aditivo y bloque base**

Fuente: Propia

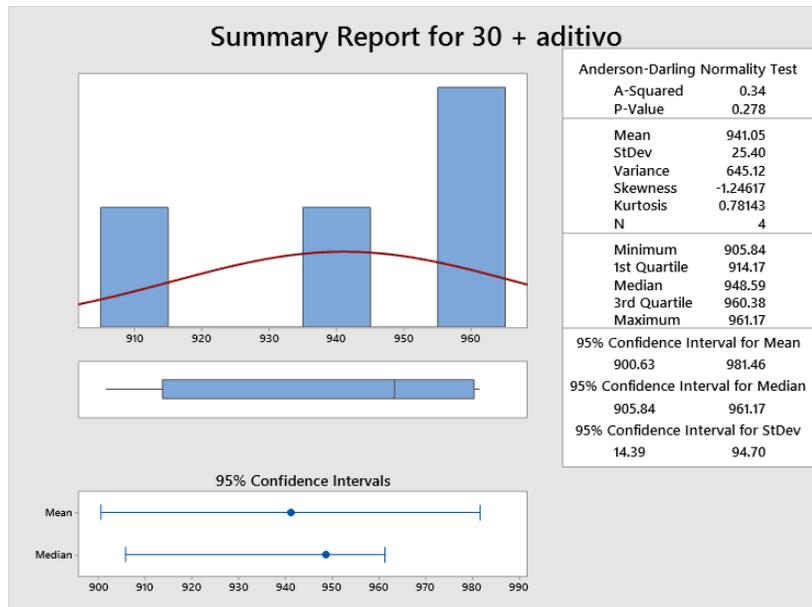
En base al análisis estadístico y la comparación entre el bloque base o bloque control con el bloque 20% PET y aditivo se definió que la resistencia de ambos puede llegar a ser el mismo. Para el bloque PET 20% + aditivo se logra observar que entran en el rango y los datos son similares. El programa da como resultado una mediana de 778.75.



**Ilustración 171. Informe de resumen resistencia 30% PET**

Fuente: Propia

En base al análisis estadístico y la comparación entre el bloque base o bloque control con el bloque 30% PET se definió que la resistencia de ambos se puede mencionar que el bloque con 30% PET tiene y tendrá una resistencia más baja que el bloque base. Según la gráfica los datos entran en el rango y dan un 95% de confianza que al hacer esta prueba los datos alcanzaran estos valores. La mediana que comparte Minitab es de 496.12.

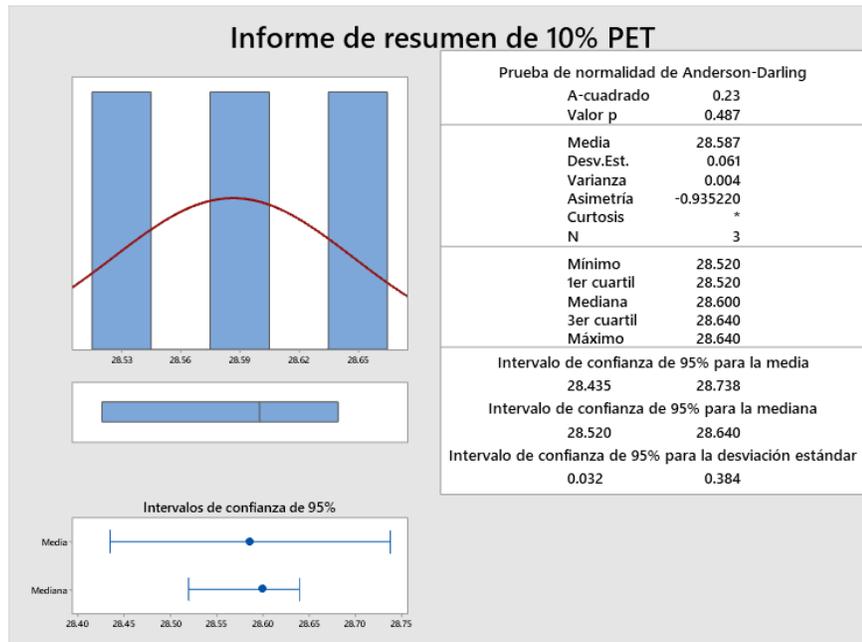


**Ilustración 172. Informe de resumen resistencia 30% PET + Aditivo**

Fuente: Propia

En base al análisis estadístico y la comparación entre el bloque base o bloque control con el bloque 30% PET y aditivo se definió que la resistencia de ambos puede llegar a ser el mismo. Esto significa que los datos están dentro del rango y todos los valores que podrían dar serán parecidos a los obtenidos. La mediana es de 948.59.

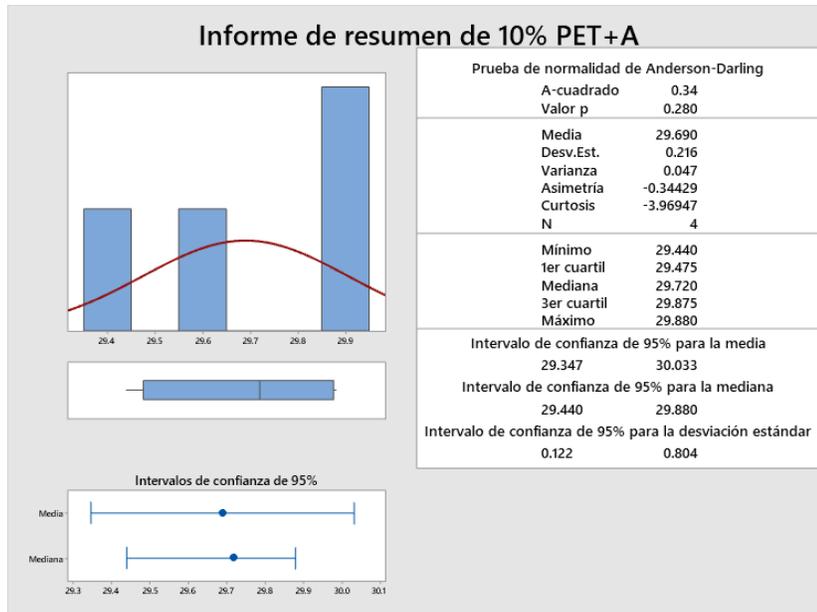
## 5.9.2 ANALISIS ESTADÍSTICO DEL PESO DE LOS BLOQUES



**Ilustración 173. Informe de resumen peso 10% PET**

Fuente: Propia

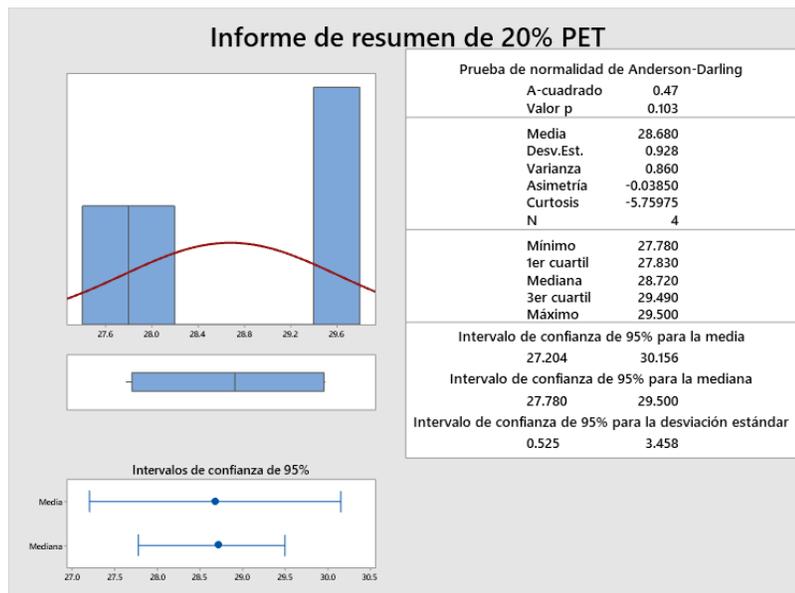
Minitab genera una gráfica elaborada mediante la mediana de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio. Nos muestra una media de 28.587. Esta grafica nos indica que todos los valores del 10% estarían dentro de los valores del bloque base.



**Ilustración 174. Informe de resumen peso 10% PET+A**

Fuente: Propia

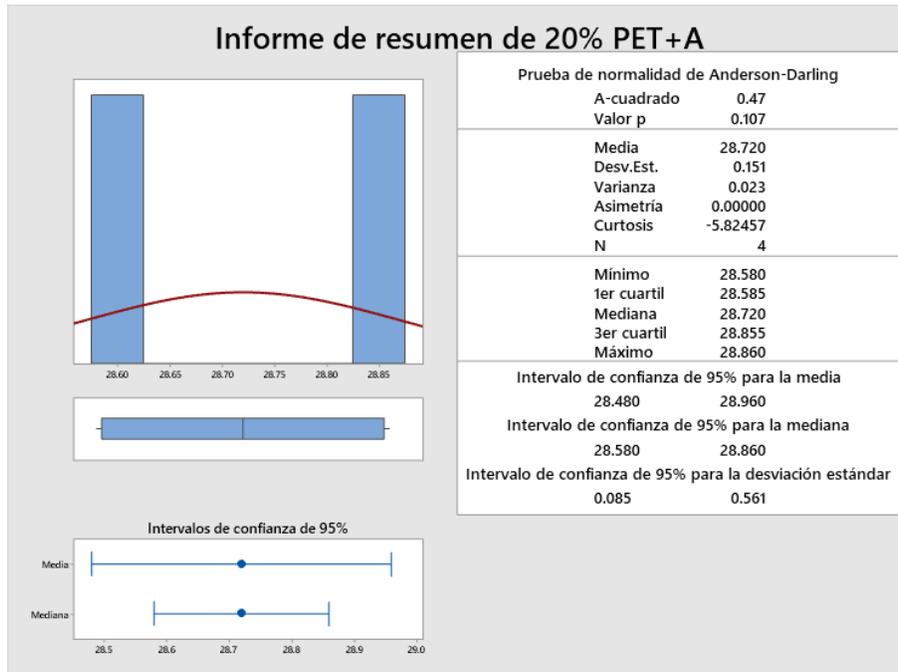
En esta grafica indica que la media 29.690, se puede notar que todos los valores están dentro de los pesos del bloque base.



**Ilustración 175. Informe de resumen peso 20% PET**

Fuente: Propia

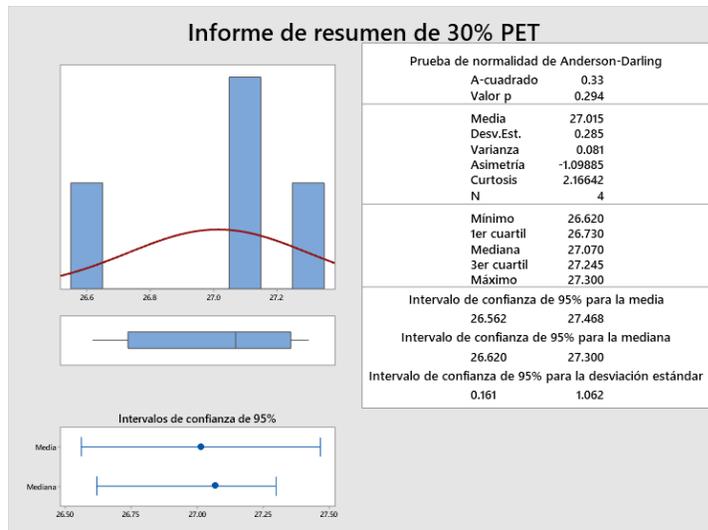
Se realizó la gráfica utilizando la mediana de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio. Nos muestra una media de 28.680. Esta grafica nos indica que todos los valores del 20% estarían dentro de los valores del bloque base.



**Ilustración 176. Informe de resumen peso 20% PET+A**

Fuente: Propia

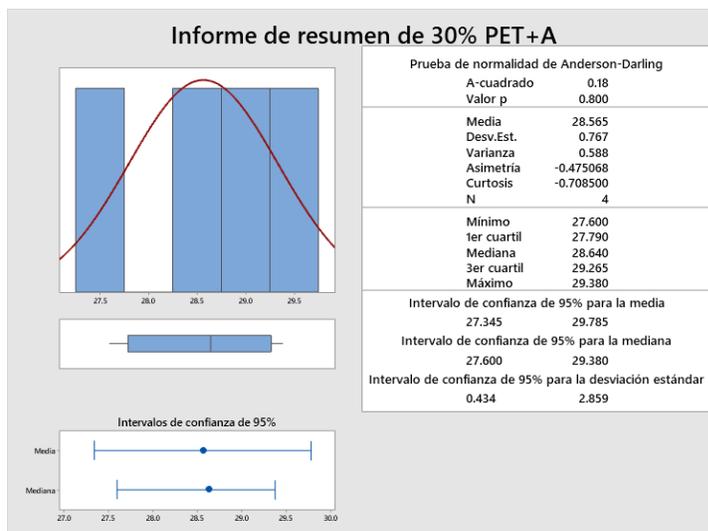
Minitab elaboró una gráfica que muestra una media de 28.720 la cual es parecida a la media de los bloques base, esto concluye los valores estarían dentro del rango de los valores del bloque base.



**Ilustración 177. Informe de resumen peso 30% PET**

Fuente: Propia

Para el bloque de 30% PET se obtienen los valores de pesos menores al peso del bloque base, por ende, se puede concluir que se pueden encontrar valores mínimos por debajo del rango de los bloques base.



**Ilustración 178. Informe de resumen peso 30% PET+A**

Fuente: Propia

Se puede observar que en la gráfica de peso para el bloque de 30% PET con aditivo se aumentó el peso y lo pone dentro del rango de los pesos de bloque base. La media es 28.565.

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

1. En base a los datos que se obtuvieron del ensayo de la prueba a compresión se pudo determinar la resistencia a la compresión en psi (libras por pulgada cuadrada) de cada uno de los especímenes o bloques ensayados. Al recopilar los datos se puede observar que todas las resistencias están dentro de los parámetros proporcionados y establecidos por la norma ASTM C129, exceptuando por el 30% PET que está por debajo de 600 psi que es lo permisible por la norma. El bloque con sustitución del 10% de PET y con la utilización de aditivo Admix BloQ obtuvo la mayor resistencia, sin embargo, el bloque 10% PET es el bloque más efectivo por su relación resistencia y precio.

<b>Resultados de Resistencia de Bloques por Analisis Estadístico</b>		
<b>Tipo de bloque</b>	<b>Peso</b>	<b>Unidades</b>
Bloque Base	935.89	psi
10% PET	891.79	psi
10% PET + A	1147.67	psi
20% PET	855.96	psi
20% PET + A	778.76	psi
30% PET	496.12	psi
30% PET + A	948.59	psi

2. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el laboratorio gracias a los ensayos y pruebas realizadas se puede determinar y a la vez comparar los pesos volumétricos de la arena y el tereftalato de polietileno (PET); obteniendo un peso volumétrico de 100.00 libras/pie<sup>3</sup> para la arena o agregado fino y un peso volumétrico de 50.00 libras/pie<sup>3</sup>. Para la granulometría se realizó la granulometría del agregado individual y la granulometría combinada que se requiere para la elaboración de bloques según la norma ACI 211.3. Se determinó que la arena utilizada para la elaboración del bloque se encontraba dentro del rango de máximos y mínimos para agregado fino, mientras que para el PET se obtuvo que está levemente por debajo del mínimo.

3. Dentro de la comparación de las características de los bloques se pudo obtener una comparación en peso de los diferentes tipos de bloque. A medida que se le agrega más porcentaje de PET al bloque, su peso disminuye. Al observar los resultados el bloque base tuvo un peso promedio de 29.90 libras, siendo el bloque más pesado de todas las muestras. El bloque 30% PET tuvo un peso promedio de 27.12 libras, colocando este bloque como el más liviano. Dentro de la comparación de la absorción se logró concluir que, al aumentar la cantidad de PET en el bloque, este tendría menor absorción dado que la absorción la brinda la arena.

<b>Comparación de la Absorción de los Bloques</b>		
<b>Tipo de bloque</b>	<b>Dato</b>	<b>Unidades</b>
Bloque Base	0.15	lbs/pie <sup>3</sup>
10% PET	0.17	lbs/pie <sup>3</sup>
10% PET + A	0.16	lbs/pie <sup>3</sup>
20% PET	0.15	lbs/pie <sup>3</sup>
20% PET + A	0.10	lbs/pie <sup>3</sup>
30% PET	0.12	lbs/pie <sup>3</sup>
30% PET + A	0.12	lbs/pie <sup>3</sup>

4. En base a todos los resultados de los ensayos realizados a los bloques se determinó que el mejor bloque con PET sin la utilización de aditivo es el bloque con sustitución de 10% de PET mientras que el mejor bloque con PET y aditivo es el bloque de 10% de PET con Aditivo.
5. Se realizó el análisis económico por medio de la ficha de costo se pudo determinar que el bloque más factible con respecto a su costo de producción y a su análisis mecánico es el bloque de 10% de PET ya que cumple con la norma y el precio no varía en base al bloque control y es el más económico de todos los bloques que tiene el tereftalato de polietileno y aditivo con un precio total de venta entre Lps. 12.83. Este bloque está dentro del rango de precios en el mercado. El precio del bloque puede variar dependiendo su aplicabilidad, si el bloque es de baja resistencia el precio puede disminuir.

<b>Resumen de Costo de Bloque</b>	
<b>Tipo de Bloque</b>	<b>Costo Final</b>
<b>Bloque Base o Control</b>	L11.70
<b>10% PET</b>	L12.83
<b>10% PET + A</b>	L13.56
<b>20% PET</b>	L13.97
<b>20% PET + A</b>	L14.70
<b>30% PET</b>	L15.11
<b>30% PET + A</b>	L15.84

Utilizar el bloque de PET brinda beneficios para la empresa elaboradora, ya que puede recibir un beneficio del estado por utilizar material reciclado. Esto se puede ver reflejado al momento de pagar los impuestos, considerando que se puede tomar como responsabilidad social utilizar el PET en los procedimientos. Si se hace con la intención de mejorar el ambiente, utilizar el plástico para la construcción brinda un beneficio para ambas partes. Se espera que en un futuro el agregado sea más caro por sus escasas y el PET disminuya su precio, haciendo de estos bloques un elemento constructivo de gran valor.

## **CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES**

1. Para obtener resultados reales y confiables en la sustitución parcial del tereftalato de polietileno por arena se deberá de hacer por medio del volumen de ambos materiales. La cantidad que se extraiga de arena es la cantidad que se va a agregar de tereftalato de polietileno.
2. Realizar un buen tamizado, especialmente con el PET e igualmente con los agregados a utilizar y así obtener granulometrías y pesos volumétricos exactos. Es importante realizar un buen tamizado ya que el PET tiene el comportamiento de adherirse y formar bultos. En cuanto al diseño de la mezcla este se deberá determinar el método de sustitución con los resultados de los pesos volumétricos de los materiales a utilizar.
3. Para obtener mejores resultados en los pesos y absorción de los bloques es recomendable tener en cuenta que se deben de secar los bloques antes de realizar los ensayos para obtener resultados óptimos y utilizar una balanza digital para tener pesos precisos. Es muy importante obtener estos datos precisos para lograr comparar los distintos bloques de manera más minuciosa ya que con estos pesos obtenidos es que se determina la densidad del bloque.
4. Se recomienda utilizar la cantidad de aditivo establecido en la hoja técnica y la cantidad de tereftalato establecida con su sustitución correspondiente a cada porcentaje. Como estos son normalmente agregados a las mezclas se debe de tener un cuidado extra, ya que al agregar más o menos del material la mezcla puede tener resultados muy distintos a lo real creando una variación en la obtención de los resultados.
5. Según los resultados se determinó que el mejor bloque es el de 10% PET, ya sea por ambos los resultados mecánicos, caracterización y el análisis de costos de producción. Algo que se recomienda y se debe de tomar en consideración son las cantidades de materiales que se van a utilizar ya que estos pueden variar según la bloquera, el diseño de mezcla que se esté utilizando y la aplicabilidad/uso del bloque. Es recomendable tomar en consideración que las cantidades no son las mismas si se está usando una maquina industrial para la elaboración de bloques o una maquina artesanal tal y como se hizo en el proyecto de investigación.

## **CAPÍTULO VIII. APLICABILIDAD**

Al finalizar la investigación, se puede analizar los resultados de la práctica. Se logró concluir que se pueden utilizar los bloques con plástico reciclado. Dado que se obtienen resultados dentro de los parámetros establecidos por la norma ASTM C129 la cual indica que los bloques deben estar por encima de 600 psi. Debido a lo mencionado anteriormente los bloques pueden ser utilizado para:

1. Los bloques de concreto se utilizan para la construcción de muros de contención.
2. Muros de carga
3. Viviendas y propiedades comerciales
4. Pasos o caminos en parques
5. Camas de jardinería
6. Bordes
7. Pavimentos
8. Revestimientos
9. Escaleras
10. Tuberías
11. Mampostería en general

Los bloques pueden ser utilizados en todos estos aspectos, pero cabe mencionar que se recomienda que estos lleven el aditivo para bloques. También se debe indicar que el bloque de 30% PET sin aditivo no debe utilizarse para esfuerzos a compresión mayores a 500 psi. Para el obrero, utilizar el PET no tiene ningún efecto negativo ya que se manipula de la misma manera que se manipularía la arena.

En conclusión, los bloques se pueden utilizar para cualquier tipo de actividad que lo permita la norma ASTM C129 ya que están dentro de lo permisible por la norma. Esto hace que su uso se bastante amplio. El bloque de 10% PET con aditivo dio un resultado que es permisible para la norma ASTM C90 la cual indica que este bloque es estructural y puede ser utilizado para soportar cargas de 1000 psi. Por la falta de investigación y empresas que vendan este tipo de bloque con

PET, se pueden utilizar para proyectos sociales, ya que se puede conseguir las fibras de PET en base a donación.

## CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFÍA

Ando, C. (3 de Julio de 2014). *Curioso Ando*. Obtenido de <https://curiosoando.com/que-es-el-hidroxido-de-sodio-o-sosa-caustica>

Anonimo. (2015). *Ecured*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Granulometr%C3%ADa>

Anónimo. (2018). *Wikipedia: La enciclopedia libre* .

Ardisa. (Enero de 2015). *ARDISA*. Obtenido de <https://www.ardisa.com/ladrillos/bloque-estructural>

ARKIPLUS. (2019). *Arkiplus*. Obtenido de <https://www.arkiplus.com/el-uso-del-agua-en-construccion/>

ARQHYS. (2012). Cilindros de concreto. *Revista ARQHYS*.

Arquigrafico. (Septiembre de 2016). *Arquigrafico*. Obtenido de <https://arquigrafico.com/los-agregados-de-concreto/>

Blamur, J. M. (2011). *ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO*. Obtenido de INGENIERÍA CIVIL.

Bolivar, G. (2006). *Lifeder*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/ejemplos-tamizado/>

Bornand, J. (Octubre de 2017). *Evaluación de Parámetros Incidentes en la Respuesta Post-Agrietamiento del Hormigón Reforzado con Fibra*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/323453303\\_Evaluacion\\_de\\_Parametros\\_Incidentes\\_en\\_la\\_Respuesta\\_Post-Agrietamiento\\_del\\_Hormigon\\_Reforzado\\_con\\_Fibra](https://www.researchgate.net/publication/323453303_Evaluacion_de_Parametros_Incidentes_en_la_Respuesta_Post-Agrietamiento_del_Hormigon_Reforzado_con_Fibra)

Cañas, J. (2009). *ANALISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS POR TAMIZADO*.

CEDEX. (Noviembre de 2014). *Catálogo de Residuos de utilizables en construcción*. Obtenido de <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/35/residuos-de-construccion-y-demolicion/>

CÉSAR A. JUÁREZ ALVARADO, P. R. (Diciembre de 2003). *USO DE LAS FIBRAS NATURALES*. Obtenido de [http://eprints.uanl.mx/1318/1/art\\_delalechuguilla.pdf](http://eprints.uanl.mx/1318/1/art_delalechuguilla.pdf)

Construpedia. (Abril de 2018). *Construmatica*. Obtenido de [https://www.construmatica.com/construpedia/Bloque\\_de\\_Hormig%C3%B3n](https://www.construmatica.com/construpedia/Bloque_de_Hormig%C3%B3n)

Daniel Ruiz Valencia, C. L. (Diciembre de 2012). *Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-97632012000200011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632012000200011)

David, I., Landa, K., & Moreno, N. (2018). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A CORTANTE Y COMPRESIÓN EN EL CONCRETO HIDRÁULICO CON RESIDUOS DE PLÁSTICO*. San Pedro Sula: UNITEC.

Deluxe templates. (Febrero de 2009). *Ingecivil*. Obtenido de <http://ingecivilcusco.blogspot.com/2009/07/aditivos-aspectos-generales.html>

Farlex. (Febrero de 2016). *The free dictionary*. Obtenido de <https://es.thefreedictionary.com/gravilla>

Fisica net. (Enero de 2015). *Fandom*. Obtenido de [https://apicultura.fandom.com/wiki/Gravedad\\_espec%C3%ADfica](https://apicultura.fandom.com/wiki/Gravedad_espec%C3%ADfica)

Flores, A., Villafranca, A., & Reconco, J. (2019). *ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS*. San Pedro Sula: UNITEC.

- Gairfonda . (2016). *Garifonda Honduras*. Obtenido de <https://www.garifonda.org/es/circuitos-responsables-honduras-guatemala>
- Gambhir, M. (2014). *BUILDING AND CONSTRUCTION MATERIALS*.
- Gieser, N. (28 de Febrero de 2018). *SustentarTV*. Obtenido de <https://www.sustentartv.com/mas-carreteras-plastico-india/>
- González, M. I. (2004). *CAPACIDAD A CORTANTE POR TENSIÓN DIAGONAL EN VIGAS DE CONCRETO*. Obtenido de [http://www.smie.org.mx/SMIE\\_Articulos/co/co\\_13/te\\_02/ar\\_13.pdf](http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/co/co_13/te_02/ar_13.pdf)
- Gutierrez de Lopez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construccion* . Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Harmsen. (2005). *Agregados de Construccion*.
- Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la Investigación* . McGraw-Hill.
- Hernández, J. D., Rodríguez, M. A., Macht, A., & Ramos, E. (2008). EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE LA CONTRUCCIÓN EN EL ESTADO DE MÉXICO EN EL MARCO DE LA COOPERACIÓN TÉCNICA ALEMANA EN MÉXICO. *DELOS: DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE*.
- IMCYC. (2008). *EL CONCRETO EN LA OBRA*.
- Ingenierita. (29 de Marzo de 2012). *Ingenieria Civil (Apuntes)*. Obtenido de <http://ingenieracivil.blogspot.com/2012/03/peso-volumetrico.html>
- INVEMA. (2019). *INVEMA*. Obtenido de <http://www.invemagroup.com/index.html>
- Kosmatka, S. H. (2004). *DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO*.

- La Silla Rota. (Octubre de 2018). *Mundo*. Obtenido de <https://lasillarota.com/utila-isla-honduras-playas-plastico-calles/244892>
- López, F. J. (Febrero de 2015). *ESTUDIO NUMÉRICO-EXPERIMENTAL DE FIBRAS DE*. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/34/1/Tesis%20Francisco%20Javier%20Baldenebro%20L%C3%B3pez.pdf>
- LSB. (Noviembre de 2011). *LASEDA*. Obtenido de [http://laseda.es/index2.php?lang=es&ID\\_cat=&PID\\_cat=&SID\\_cat=338&SSID\\_cat=343](http://laseda.es/index2.php?lang=es&ID_cat=&PID_cat=&SID_cat=338&SSID_cat=343)
- Mendez, O. A. (Enero de 2016). *Ecoinventos*. Obtenido de <https://ecoinventos.com/casas-de-ladrillos-de-plastico/>
- Moran, D. E., Ramos, C., & Hawith, A. (2018). *Diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros reciclados*. San Pedro Sula: UNITEC.
- Mundo, B. (Diciembre de 2017). *gráficos para entender por qué el plástico es una amenaza para nuestro planeta*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901>
- Nilson , A. H. (1999). *Diseño de estructuras de concreto* . Santafe de Bogota, Colombia : McGraw-Hill.
- NRMCA. (s.f.). Resistencia a la Flexión del concreto. *El concreto en la práctica* .
- Parro. (9 de Marzo de 2019). *Diccionario de arquitectura y construccion*. Obtenido de <http://www.parro.com.ar/definicion-de-contenido+de+humedad>
- Pelliccia, M. (5 de Junio de 2018). The Island Paradise Where the Roads Are Made of Plastic. *News Deeply*.

Poblacion. (s.f.). *Naciones Unidas*. Obtenido de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>

Presanella. (2018). *Ecoinventos*. Obtenido de <https://ecoinventos.com/presanella-building-system/>

Sinha. (2016). *MEZCLAS*. Obtenido de CLORIMETRIA: <http://www.construaprende.com/docs/lab/334-practica-calirometria-agregados>

Sodimac. (Abril de 2017). *SODIMAC*. Obtenido de <https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/1402579/Cemento-Tipo-I-42.5-Kg/1402579>

Tecnologia del Plastico. (Mayo de 2017). *Tecnologia del Plastico*. Obtenido de <http://www.plastico.com/temas/Planta-de-reciclaje-botella-a-botella-de-Honduras-produce-pellets-de-PET-con-aceptacion-FDA+119440>

UNITEC. (2010). Conceptos. En *Manual de laboratorio*. Tegucigalpa .

Universidad Centroamericana "Jose Simeon Cañas ". (s.f.). Prueba de Revenimiento. En *Manual de laboratorio de Materiales de Construcción*. San Salvador, El Salvador.

V. Flores, J. R. (2014). *Mezclas de cemento y agregados de plastico para la construccion de viviendas*. Obtenido de <http://www.ecorfan.org/bolivia/handbooks/ciencias%20tecnologicas%20I/Articulo%207.pdf>

Wigodski, J. (14 de Julio de 2010). *Metodología de la Investigación* . Obtenido de <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>

Yepes, V. (2017). *CORRECCIÓN DE HUMEDAD EN LOS ÁRIDOS EN LA FABRICACIÓN DEL HOMRIGÓN.*

Zapata, D. (Septiembre de 2017). *LA PRENSA.* Obtenido de <https://www.laprensa.hn/honduras/1104373-410/recicladora-fabricara-material-empresas-embotelladoras>

Zarepta, O. (2013). *Civil Geeks.* Obtenido de <https://civilgeeks.com/2015/06/26/las-impurezas-organicas-las-arenas-concreto/>

## CAPÍTULO X. ANEXOS

### Anexo 1. Ruptura del Bloque Base



### Anexo 2. Ruptura del Bloque de 10% de PET



### Anexo 3. Ruptura del Bloque de 20% de PET



### Anexo 4. Ruptura del Bloque de 30% de PET



**Anexo 5. Escombros de Bloques después del ensayo a compresión**



**Anexo 6. Tamizado del Tereftalato de Polietileno por el tamiz No. 4**



### Anexo 7. Preparación de la mezcla de concreto para los bloques



### Anexo 8. Mezcla de concreto para bloques



### Anexo 9. Mezcla de concreto para bloques



### Anexo 10. Método del Varillado para Peso Volumétrico de la arena



**Anexo 11. Método del Varillado para Peso Volumétrico de la arena**



## Anexo 12. Tereftalato de Polietileno



## Anexo 12. Formato de tabla para Peso Volumétrico



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
LABORATORIO DE CONCRETO  
ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO

Método de Varillado	Agregado	Unidades
Peso de Agregado + Molde		lbs
Peso Molde		lbs
Peso del Agregado		lbs
Volumen del molde		pie3
Peso Volumétrico		Lb/pie3

## Anexo 13. Formato de tabla para Granulometría



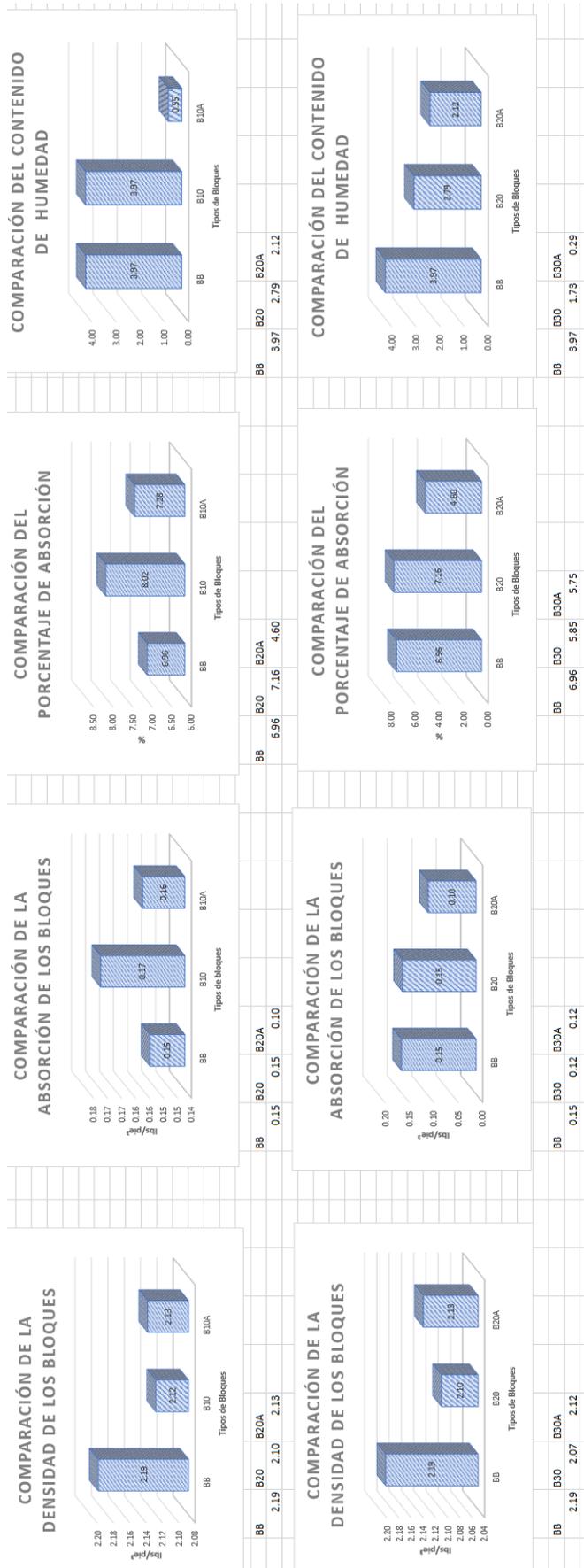
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
LABORATORIO  
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA PET

TAMIZ	TAMIZ(mm)	PRI(gr)	PARA(gr)	PRI %	PRA%	Pasado
3/8"	9.51					
No. 4	4.76					
No. 8	2.38					
No. 16	1.19					
No. 30	0.595					
No. 50	0.297					
No. 100	0.149					
FONDO						

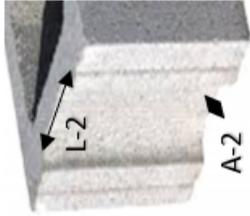
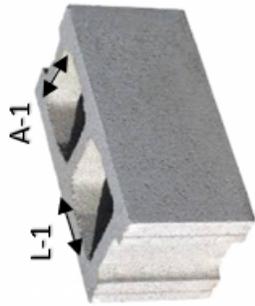
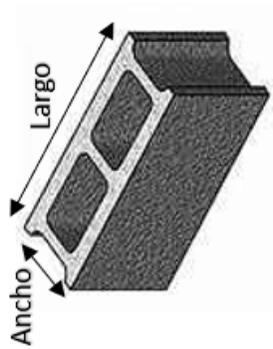
**Anexo 14. Tabla de Resultados de Colorimetría**

No.	Resultado
1	Impurezas orgánicas no afectan concreto. Alta Resistencia.
2	Impurezas orgánicas no afectan concreto. Mediana Resistencia.
3	Impurezas orgánicas no afectan concreto. Baja Resistencia.
4-5	No puede emplearse en la fabricación de Concreto.

## Anexo 15. Gráficas de Comparación de las Características del Bloque



## Anexo 16. Ejemplo de Medición del Bloque



Peso del bloque		Ancho	Largo	A1	L1	A2	L2
Muestra 1	29.17 lbs	5.625 plgs.	15.7 plgs.	3.5625 plgs.	5.5 plgs.	0.875 plgs.	2.87 plgs.

Area 1	
Ancho x Largo	88.31
Muestra 1	

Area 2	
A1 x L1	19.59

Area 3	
A2 x L2	2.51

Area Neta	
Area 1 - Area 2 - Area 3	44.10 plgs <sup>2</sup>

Medicion  
Maquina de  
Compresion

Muestra 1	50040
Muestra 2	33350
Muestra 3	32070
Muestra 3	49020

Resistencia de  
Bloques  
Mmc/Area Neta

	1136.67 psi
	758.23 psi
	729.21 psi
	1113.54 psi

## Anexo 17. Cálculos de las características de los bloques

WR=	Peso de muestra al recibirla			
WS=	Peso de muestra saturada con superficie seca	(Previamente colocar bloque por 24 horas en agua)		
WI=	Peso sumergido y suspendido	(Previamente colocar bloque al horno por 24 horas)		
WD=	Peso seco al horno			
Vn=	Volumen Neto			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Altura del Bloque
WR	35.4 lbs.	34.5 lbs.	36.3 lbs.	Muestra 1
WS	37.3 lbs.	36.3 lbs.	38.2 lbs.	Muestra 2
WI	30.2 lbs.	31.2 lbs.	32.2 lbs.	Muestra 3
WD	32.3 lbs.	31.3 lbs.	33.1 lbs.	

Calculos:

Densidad	$\frac{WS - WI}{WD}$	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
		4.55 lbs/pie <sup>3</sup>	6.14 lbs/pie <sup>3</sup>	5.516667 lbs/pie <sup>3</sup>	5.40 lbs/pie <sup>3</sup>
Absorción	$\frac{WS - WD}{WS - WI} \times 62.4$	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
		0.70 lbs/pie <sup>3</sup>	0.98 lbs/pie <sup>3</sup>	0.85 lbs/pie <sup>3</sup>	0.84 lbs/pie <sup>3</sup>
% de Absorción	$\frac{WS - WD}{WD} \times 100$	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
		15.48 %	15.97 %	15.41 %	15.62 %
Cont. de Humedad	$\frac{WR - WD}{WD} \times 100$	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
		9.60	10.22	9.67	9.83
Volumen Neto	$\frac{WS - WI}{62.4}$	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
		0.11 pie <sup>3</sup>	0.08 pie <sup>3</sup>	0.10 pie <sup>3</sup>	0.10 pie <sup>3</sup>
Area neta promedio	$Vn \times 1728$	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
		26.22 plgs <sup>2</sup>	19.62 plgs <sup>2</sup>	21.86 plgs <sup>2</sup>	22.56 plgs <sup>2</sup>

## Anexo 18. Cálculos de las características de los bloques



Designation: C 129 – 99a

### Standard Specification for Nonloadbearing Concrete Masonry Units<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C 129; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

#### 1. Scope \*

1.1 This specification covers hollow and solid nonloadbearing concrete masonry units made from portland cement, water, and mineral aggregates with or without the inclusion of other materials. These units are intended for use in nonloadbearing partitions, but under certain conditions they may be suitable for use in nonloadbearing exterior walls above grade where effectively protected from the weather.

1.2 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.3 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

NOTE 1—Concrete masonry units covered by this specification are made from lightweight or normal weight aggregates, or both.

NOTE 2—When particular features are desired, such as weight classification, surface texture for appearance or bond, finish, color, fire resistance, insulation, acoustical properties, or other special features, such properties should be specified separately by the purchaser. However, local sellers should be consulted as to the availability of units having the desired features.

#### 2. Referenced Documents

##### 2.1 ASTM Standards:

- C 33 Specification for Concrete Aggregates<sup>2</sup>
- C 140 Test Methods for Sampling and Testing Concrete
- C 207 Specification for Hydrated Lime for Masonry Purposes<sup>4</sup>
- C 331 Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units<sup>2</sup>
- C 426 Test Method for Drying Shrinkage of Concrete Masonry Units<sup>3</sup>
- C 595 Specification for Blended Hydraulic Cements<sup>4</sup>

<sup>1</sup> This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C-15 on Manufactured Masonry Units and is the direct responsibility of Subcommittee C15.03 on Concrete Masonry Units and Related Units.

Current edition approved Nov. 10, 1999. Published January 2000. Originally published as C 129 – 37. Last previous edition C 129 – 99.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.05.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.01.

C 618 Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete<sup>2</sup>

C 1157 Performance Specification for Blended Hydraulic Cement<sup>4</sup>

C 1209 Terminology of Concrete Masonry Units and Related Units<sup>3</sup>

C 1232 Terminology of Masonry<sup>3</sup>

#### 3. Terminology

3.1 Terminology defined in Terminology C 1209 and Terminology C 1232 shall apply for this specification.

#### 4. Classification

4.1 Nonloadbearing concrete masonry units manufactured in accordance with this specification shall conform to one of two types (4.2) and to one of three weight classifications prescribed in Table 1.

##### 4.2 Types:

4.2.1 *Type I, Moisture-Controlled Units*—Units designated Type I shall conform to the requirements of this specification.

4.2.2 *Type II, Nonmoisture-Controlled Units*—Units designated Type II shall conform to the requirements of this specification, except the requirements of Table 1.

#### 5. Materials and Manufacture

5.1 *Cementitious Materials*—Materials shall conform to the performance Specification C 1157.

5.1.3 *Hydrated Lime, Type S*—Specification C 207.

5.1.4 *Pozzolans*—Specification C 618.

5.2 *Aggregates*—Aggregates shall conform to the following ASTM specifications, except that grading requirements shall not necessarily apply:

5.2.1 *Normal Weight Aggregates*—Specification C 33.

5.2.2 *Lightweight Aggregates*—Specification C 331.

5.3 *Other Constituents*—Air-entraining agents, coloring pigments, integral water repellents, finely ground silica, and other constituents, shall be previously established as suitable for use in concrete masonry and shall conform to applicable ASTM standards or shall be shown by test or experience not to be detrimental to the durability of the concrete masonry units

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

**TABLE 1 Weight Classification**

Weight Classification	Oven-Dry Weight of Concrete, lb/ft <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )
Lightweight	Less than 105 (1680)
Medium Weight	105 to less than 125 (1680 to 2000)
Normal Weight	125 (2000) or more

or any material customarily used in masonry construction.

**6. Physical Requirements**

6.1 At the time of delivery to the purchaser, all units shall conform to the strength requirements prescribed in Table 2.

6.2 At the time of delivery to the purchaser, Type I units shall conform to the requirements prescribed in Table 3.

NOTE 3—The purchaser is the public body or authority, association, corporation, partnership, or individual entering into a contract or agreement to purchase or install, or both, concrete masonry units. The time of delivery to the purchaser is FOB plant when the purchaser or purchaser’s agent transports the concrete masonry units, or at the time unloaded at the worksite if the manufacturer or manufacturer’s agent transports the concrete masonry units.

6.3 At the time of delivery to the purchaser, the total linear drying shrinkage of Type II units shall not exceed 0.065%.

**7. Dimensions and Permissible Variations**

7.1 Minimum face shell thickness shall be not less than 1/2 in. (13 mm).

7.2 No overall dimension (width, height, and length) shall differ by more than ±1/8 in. (3.2 mm) from the specified standard dimensions.

NOTE 4—Standard dimensions of units are the manufacturer’s designated dimensions. Nominal dimensions of modular size units are equal to the standard dimensions plus the thickness of one mortar joint. Nominal dimensions of nonmodular size units usually exceed the standard dimensions by 1/8 to 1/4 in. (3.2 to 6.4 mm).

**8. Finish and Appearance**

8.1 All units shall be sound and free of cracks or other defects that interfere with the proper placement of the units or significantly impair the strength or permanence of the construction. Minor cracks incidental to the usual method of manufacture or minor chipping resulting from customary methods of handling in shipment and delivery are not grounds for rejection.

8.2 Where units are to be used in exposed wall construction, the face or faces that are to be exposed shall not show chips or cracks, not otherwise permitted, or other imperfections when viewed from a distance of not less than 20 ft (6.1 m) under diffused lighting.

8.2.1 Five percent of a shipment containing chips, not larger than 1 in. (25.4 mm) in any dimension, or cracks not wider than

**TABLE 2 Strength Requirements**

	Compressive Strength (average net area) min, psi (MPa)
Average of 3 units	600 (4.14)
Individual unit	500 (3.45)

**TABLE 3 Moisture-Content Requirements for Type I Units**

Total Linear Drying Shrinkage, %	Moisture Content, max, % of Total Absorption (Average of 3 Units)		
	Humidity <sup>A</sup> Conditions at Job Site of Point of Use		
	Humid <sup>B</sup>	Intermediate <sup>C</sup>	Arid <sup>D</sup>
Less than 0.03	45	40	35
0.03 to less than 0.045	40	35	30
0.045 to 0.065, max	35	30	25

<sup>A</sup> See Appendix X1 (Fig. X1.1) for map of mean annual relative humidity.

<sup>B</sup> Mean annual relative humidity above 75 %.

<sup>C</sup> Mean annual relative humidity 50 to 75 %.

<sup>D</sup> Mean annual relative humidity less than 50 %.

0.02 in. (0.5 mm) and not longer than 25 % of the nominal height of the unit is permitted.

8.3 The color and texture of the units shall be specified by the purchaser. The finished surfaces that will be exposed in place shall conform to an approved sample consisting of not less than four units, representing the range of texture and color permitted.

8.4 Nonloadbearing concrete masonry units shall be clearly marked in a manner to preclude their use as load bearing units.

**9. Methods of Sampling and Testing**

9.1 The purchaser or authorized representative shall be accorded proper facilities to inspect and sample the units at the place of manufacture from the lots ready for delivery. At least 10 days shall be allowed for the completion of the tests.

9.2 Sample and test units in accordance with Test Methods C 140 and Test Method C 426 when applicable.

9.3 Total linear drying shrinkage shall be based on tests of concrete masonry units made with the same materials, concrete mix design, manufacturing process, and curing method, conducted in accordance with Test Method C 426 not more than 24 months prior to delivery.

**10. Compliance**

10.1 If a sample fails to conform to the specified requirements, the manufacturer shall be permitted to remove units from the shipment. A new sample shall be selected by the purchaser from remaining units from the shipment with a similar configuration and dimension and tested at the expense of the manufacturer. If the second sample meets the specified requirements, the remaining portion of the shipment represented by the sample meets the specified requirements. If the second sample fails to meet the specified requirements, the remaining portion of the shipment represented by the sample fails to meet the specified requirements.

NOTE 5—Unless otherwise specified in the purchase order, the cost of tests is typically borne as follows: if the results of the tests show that the units do not conform to the requirements of this specification, the cost is typically borne by the seller. If the results of the tests show that the units conform to the specification requirements, the cost is typically borne by the purchaser.

**11. Keywords**

11.1 climatic map; concrete masonry units; face shell; flange; linear shrinkage; moisture-controlled; nonloadbearing

## Consejos

1. Elaborar 3 muestras o más para poder tener resultados confiables.
2. Realizar pruebas a los agregados para verificar que sean aceptados para la práctica.
3. Utilizar maquina elaboradora de bloques ya que si se hacen a mano estos datos son menos certeros y los resultados varían.
4. Evitar mover los bloques durante los primeros días de fraguado.
5. Realizar un buen curado de los bloques.
6. Utilizar un aditivo de calidad y especial para bloques.
7. Al movilizar los bloques estos deben ser movidos con cuidado y colocados en un orden para que no se dañen durante el transporte.
8. Recomendamos hacer más pruebas para por aumentar la cantidad de información para futuras investigaciones.
9. Utilizar una máquina de compresión calibrada para tener resultados más precisos.
10. La base de la máquina de compresión debe ser cuadrada y se debe tener una platina de acero apropiada para distribuir la compresión en el bloque de manera uniforme.
11. Al momento de hacer la mezcla estas deben ser supervisadas para agregar las cantidades adecuadas.
12. Evitar hacer los bloques con esquinas dañadas.
13. Utilizar cemento adecuado para las mezclas.
14. Utilizar agregado de calidad y de las medidas necesarias para realizar un bloque de calidad.
15. Elaborar las muestras que se van a evaluar y también muestras de control el mismo día bajo las mismas condiciones.